

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 2月23日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-048492

[ST.10/C]:

[JP2001-048492]

出 願 人

Applicant(s):

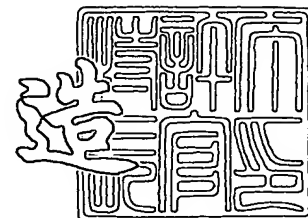
株式会社東芝

J1050 U.S. PRO
10/079492
02/22/02

2002年 1月25日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2002-3001531

【書類名】 特許願

【整理番号】 A000100420

【提出日】 平成13年 2月23日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H04J 14/00

【発明の名称】 光波長多重リング網システム、光パス設定方法、障害回復方法およびプログラム

【請求項の数】 19

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝府中事業所内

 【氏名】 結城 義徳

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都府中市東芝町1番地 株式会社東芝府中事業所内

 【氏名】 井辺 博之

【特許出願人】

 【識別番号】 000003078

 【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

 【識別番号】 100058479

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 鈴江 武彦

 【電話番号】 03-3502-3181

【選任した代理人】

 【識別番号】 100084618

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 村松 貞男

【選任した代理人】

 【識別番号】 100068814

 【弁理士】

【氏名又は名称】 坪井 淳

【選任した代理人】

【識別番号】 100092196

【弁理士】

【氏名又は名称】 橋本 良郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100088683

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 誠

【選任した代理人】

【識別番号】 100070437

【弁理士】

【氏名又は名称】 河井 将次

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光波長多重リング網システム、光パス設定方法、障害回復方法およびプログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも右回り用光伝送路および左回り用光伝送路からなる光伝送路と、前記伝送路を介してリング状に接続され、波長が異なる複数の光信号の送受信と光パスの終端および切換え接続を行う複数のノードとを備え、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおいて、

前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記右回り用光伝送路または前記左回り用光伝送路を介した経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定する手段と、

前記予備光パスを経路が重複しない前記現用光パスによって共有する手段と、

前記現用光パスを終端するノードが光信号の受信に関わる障害を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、前記障害が発生した現用光パスの対向ノードに向けて警報信号を送出するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替える手段と、

前記現用光パスを終端するノードが警報信号を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替える手段と、

を具備することを特徴とする光波長多重リング網システム。

【請求項 2】 少なくとも右回り用光伝送路および左回り用光伝送路からなる光伝送路と、前記伝送路を介してリング状に接続され、波長が異なる複数の光信号の送受信と光パスの終端および切換え接続を行う複数のノードとを備え、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおいて、前記各ノードは、

始点ノードから終点ノードに至る前記右回り用光伝送路または前記左回り用光

伝送路を介して経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定する手段と、

前記予備光パスを経路が重複しない前記現用光パスによって共有する手段と、

前記現用光パスを終端するノードが光信号の受信に関わる障害を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、前記障害が発生した現用光パスの対向ノードに向けて警報信号を送出するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替える手段と、

前記現用光パスを終端するノードが警報信号を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替える手段と、

を具備することを特徴とする光波長多重リング網システムにおけるノード。

【請求項 3】 少なくとも右回り用光伝送路および左回り用光伝送路からなる光伝送路と、前記伝送路を介してリング状に接続され、波長が異なる複数の光信号の送受信と光パスの終端および切換え接続を行う複数のノードとを備え、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおいて、

前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記右回り用光伝送路又は前記左回り用光伝送路を介した経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定する手段と、

前記予備光パスを経路が重複しない前記現用光パスによって共有する手段と、を具備することを特徴とする光波長多重リング網システム。

【請求項 4】 前記現用パスを最短経路でノード間に設定する手段をさらに有することを特徴とする請求項 3 に記載の光波長多重リング網システム。

【請求項 5】 前記現用光パスおよび前記予備光パスをノード間に双方向に設定する手段をさらに有することを特徴とする請求項 3 に記載の光波長多重リング網システム。

【請求項 6】 少なくとも右回り用光伝送路および左回り用光伝送路からなる光伝送路と、前記伝送路を介してリング状に接続され、波長が異なる複数の光信

号の送受信と光パスの終端および切換え接続を行う複数のノードとを備え、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおいて、

前記始点ノードから終点ノードに至る前記右回り用光伝送路または前記左回り用光伝送路を介した経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定する手段と、

前記予備系パスを経路が重複しない前記現用光パスによって共有し、

前記現用光パスを終端するノードが光信号の受信に係わる障害を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、前記障害が発生した現用光パスの対向ノードに向けて警報信号を送出するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替える手段と、

前記現用光パスを終端するノードが警報信号を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替える手段と、

を具備したことを特徴とする光波長多重リング網システム。

【請求項 7】 波長が異なる複数の光信号の送受信と光パスの終端及び切換え接続を行う複数のノードと、少なくとも 1 つのノードに接続されたネットワーク管理装置とを備え、前記ノードが少なくとも右回り用光伝送路及び左回り用光伝送路を介してリング状に接続され、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおいて、

前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記右回り用光伝送路又は前記左回り用光伝送路を介した経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定する手段を具備し、

前記ネットワーク管理装置は、光パスを形成する少なくとも 1 つのノードに光パスの設定を要求する光パス要求手段を具備し、

前記ノードは、前記ネットワーク管理装置からの要求に基づいて光パスを形成

するノード間で光パスの設定を行う光パス設定手段を具備し、

前記光パス要求手段は、光パスの設定の可否を求める手段と、光パスの設定を要求するノードを定める手段と、前記予備光パスの共有の可否を求める手段とを具備し、

前記光パス設定手段は、光パスの挿入波長を設定する手段と、光パスの変換波長を設定する手段と、光パスの分岐波長を設定する手段とを具備し、

前記予備光パスの共有の可否を求める手段は、ノード間に設定される前記現用光パスの経路が重複しないときに前記予備光パスを共有可能であると判断し、既設の予備光パスを共有して新たな予備光パスを形成するように少なくとも1つのノードに光パスの設定を要求する手段を具備し、

前記光パス設定手段は、前記ネットワーク管理装置から既設の予備光パスを共有した新たな予備光パスを形成することを要求された場合に、既設の予備光パスに用いられている波長を共有して新たな予備光パスを形成する手段を具備することを特徴とする光波長多重リング網システム。

【請求項8】少なくとも右回り用光伝送路および左回り用光伝送路からなる光伝送路と、前記伝送路を介してリング状に接続され、波長が異なる複数の光信号の送受信と光パスの終端および切換え接続を行う複数のノードとを備え、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおける光パスの設定方法において、

前記始点ノードから終点ノードに至る前記右回り用光伝送路または前記左回り用光伝送路を介した経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定し、

前記予備系パスを経路が重複しない前記現用光パスによって共有し、

前記現用光パスを終端するノードが光信号の受信に係わる障害を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、前記障害が発生した現用光パスの対向ノードに向けて警報信号を送出するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替え、

前記現用光パスを終端するノードが警報信号を検出した場合に、光信号を前記

現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替えることを特徴とする光波長多重リング網システムにおける光パスの設定方法。

【請求項 9】 波長が異なる複数の光信号の送受信と光パスの終端及び切り換え接続を行う複数のノードと、少なくとも 1 つのノードに接続されたネットワーク管理装置とを含み、前記ノードが少なくとも右回り用光伝送路及び左回り用光伝送路を介してリング状に接続され、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおける光パスの設定方法において、

前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記右回り用光伝送路又は前記左回り用光伝送路を介した経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定し、

前記ネットワーク管理装置は、光パスを形成する少なくとも 1 つのノードに光パスの設定を要求し、

前記ノードは、前記ネットワーク管理装置からの要求に基づいて光パスを形成するノード間で光パスの設定を行い、

前記光パス要求手段は、光パスの設定の可否を求める手段と、光パスの設定を要求するノードを定める手段と、前記予備光パスの共有の可否を求め、

前記光パス設定手段は、光パスの挿入波長を設定する手段と、光パスの変換波長を設定する手段と、光パスの分岐波長を設定し、

前記予備光パスの共有の可否を求める手段は、ノード間に設定される前記現用光パスの経路が重複しないときに前記予備光パスを共有可能であると判断し、既設の予備光パスを共有した新たな予備光パスを形成するように少なくとも 1 つのノードに光パスの設定を要求し、

前記光パス設定手段は、前記ネットワーク管理装置から既設の予備光パスを共有した新たな予備光パスを形成することを要求された場合に、既設の予備光パスに用いられている波長を共有して新たな予備光パスを形成することを特徴とする光波長多重リング網システムにおける光パスの設定方法。

【請求項 10】 少なくとも右回り用光伝送路および左回り用光伝送路からな

る光伝送路と、前記伝送路を介してリング状に接続され、波長が異なる複数の光信号の送受信と光パスの終端および切換え接続を行う複数のノードとを備え、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおける光パスの設定方法において、

前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記右回り用光伝送路又は前記左回り用光伝送路を介した経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定し、

前記予備光パスを経路が重複しない前記現用光パスによって共有する、ことを特徴とする光波長多重リング網システムにおける光パスの設定方法。

【請求項 1 1】 前記現用パスを最短経路でノード間に設定することを特徴とする請求項 1 0 に記載の光波長多重リング網システムにおける光パスの設定方法。

【請求項 1 2】 前記現用光パスおよび前記予備光パスをノード間に双方向に設定することを特徴とする請求項 1 0 に記載の光波長多重リング網システムにおける光パスの設定方法。

【請求項 1 3】 少なくとも右回り用光伝送路および左回り用光伝送路からなる光伝送路と、前記伝送路を介してリング状に接続され、波長が異なる複数の光信号の送受信と光パスの終端および切換え接続を行う複数のノードとを備え、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおける障害回復方法において、

前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記右回り用光伝送路または前記左回り用光伝送路を介して経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定し、

前記予備光パスを経路が重複しない前記現用光パスによって共有し、

前記現用光パスを終端するノードが光信号の受信に関わる障害を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、前記障害が発生した現用光パスの対向ノードに向けて警報信号を送出するとともに、

光信号の入力を予備光パスに切り替え、

前記現用光パスを終端するノードが警報信号を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替える、

ことを特徴とする光波長多重リング網システムにおける障害回復方法。

【請求項 1 4】 少なくとも右回り用光伝送路および左回り用光伝送路からなる光伝送路と、前記伝送路を介してリング状に接続され、波長が異なる複数の光信号の送受信と光パスの終端および切換え接続を行う複数のノードとを備え、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおいて光パスの設定を実現させるためのプログラムであって、

コンピュータに、

前記始点ノードから終点ノードに至る前記右回り用光伝送路または前記左回り用光伝送路を介した経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定する手順と、

前記予備系パスを経路が重複しない前記現用光パスによって共有する手順と、

前記現用光パスを終端するノードが光信号の受信に係わる障害を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、前記障害が発生した現用光パスの対向ノードに向けて警報信号を送出するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替える手順と、

前記現用光パスを終端するノードが警報信号を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替える手順とを実行させるためのプログラム。

【請求項 1 5】 波長が異なる複数の光信号の送受信と光パスの終端及び切換え接続を行う複数のノードと、少なくとも 1 つのノードに接続されたネットワーク管理装置とを含み、前記ノードが少なくとも右回り用光伝送路及び左回り用光伝送路を介してリング状に接続され、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおいて、光パスの設定を実現させる

ためのプログラムであって、

コンピュータに、

前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記右回り用光伝送路又は前記左回り用光伝送路を介した経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定する手順と、

前記ネットワーク管理装置は、光パスを形成する少なくとも1つのノードに光パスの設定を要求する手順と、

前記ノードは、前記ネットワーク管理装置からの要求に基づいて光パスを形成するノード間で光パスの設定を行う手順と、

前記光パス要求手段は、光パスの設定の可否を求める手段と、光パスの設定を要求するノードを定める手段と、前記予備光パスの共有の可否を求める手順と、

前記光パス設定手段は、光パスの挿入波長を設定する手段と、光パスの変換波長を設定する手段と、光パスの分岐波長を設定する手順と、

前記予備光パスの共有の可否を求める手段は、ノード間に設定される前記現用光パスの経路が重複しないときに前記予備光パスを共有可能であると判断し、既設の予備光パスを共有した新たな予備光パスを形成するように少なくとも1つのノードに光パスの設定を要求する手順と、

前記光パス設定手段は、前記ネットワーク管理装置から既設の予備光パスを共有した新たな予備光パスを形成することを要求された場合に、既設の予備光パスに用いられている波長を共有して新たな予備光パスを形成する手順とを実行させるためのプログラム。

【請求項16】 少なくとも右回り用光伝送路および左回り用光伝送路からなる光伝送路と、前記伝送路を介してリング状に接続され、波長が異なる複数の光信号の送受信と光パスの終端および切換え接続を行う複数のノードとを備え、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおいて光パスの設定を実現させるためのプログラムであって、

コンピュータに、

前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記右回り用光伝送路又は前記左回

り用光伝送路を介した経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定する手順と、

前記予備光パスを経路が重複しない前記現用光パスによって共有する手順と、
を実行させるためのプログラム。

【請求項 1 7】前記コンピュータに、前記現用パスを最短経路でノード間に設定させる手順を実行させるためのプログラムを有することを特徴とする請求項 1 3 に記載のプログラム。

【請求項 1 8】前記コンピュータに、前記現用光パスおよび前記予備光パスをノード間に双方向に設定させる手順を実行させるためのプログラムを有することを特徴とする請求項 1 6 に記載のプログラム。

【請求項 1 9】少なくとも右回り用光伝送路および左回り用光伝送路からなる光伝送路と、前記伝送路を介してリング状に接続され、波長が異なる複数の光信号の送受信と光パスの終端および切換え接続を行う複数のノードとを備え、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおいて障害発生時の回復方法を実現させるためのプログラムであって、

コンピュータに、

前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記右回り用光伝送路または前記左回り用光伝送路を介して経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定する手順と、

前記予備光パスを経路が重複しない前記現用光パスによって共有する手順と、

前記現用光パスを終端するノードが光信号の受信に関わる障害を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、前記障害が発生した現用光パスの対向ノードに向けて警報信号を送出するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替える手順と、

前記現用光パスを終端するノードが警報信号を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替える手順と、

を実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は通信網のパス収容方法および障害回復方法に関し、特に、光波長多重リング網の光パス収容方法および障害回復方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

光通信技術の進歩によって、一本の光伝送路による通信の伝送容量が飛躍的に増大した。特に、光信号を波長毎に伝送可能な光波長多重伝送技術（WDM：Wavelength Division Multiplexing）を採用した光波長多重網は、大容量の光信号を高速に伝送可能であり、波長を用いて光波長多重網を構成するノード間に光パスを設定することにより、通信需要に応じた柔軟な伝送容量の割当てが可能となっている。

【0003】

光波長多重網における光パスの設定方式として、光パスの終端ノード間に1波長を割当て方式と、中継ノードの波長変換によって必要に応じて複数の波長を割当て方式が提案されている（例えば、Imrich Chlamtac et al., "Lightpath Communications: An Approach to High Bandwidth Optical WAN's, IEEE Transaction on Communications, Vol. 40, No. 7, July 1992, 参照）。リング状のトポロジを形成するようにノード間を光伝送路で接続した光波長多重リング網システムでは、上記のどちらの方式を採用するかによってシステムの性能として顕著な差が生じることが考察されており、例えば運用中の光パスに変更を与えずに可能な限り光パスを収容することを想定した場合、波長変換機能を伴う後者の方式を採用することが望ましいと報告されている（例えば、結城、中尾、井辺、"WDM網における波長パス設定方法の検討"、電子情報通信学会2000年ソサイエティ大会、B-10-123、Oct 2000、参照）。

【0004】

光波長多重リング網システムでは、光パスを用いた様々な新しいサービス（トラヒックエンジニアリングによるネットワークの負荷分散、光VPN(Virtual P

private Network)の構築)の実現が望まれており、システムの運用中に光パスを動的に設定することが必要となってきた。この際、ノード間を接続する光伝送路の破断障害やノードの障害等に備えてシステムを高信頼化するために、任意の2ノード間に割当てられた現用光パスに対して逆回りの経路で予備光パスを割当て、障害発生時には、予備光パスを用いてノード間の通信を継続するように障害回復を行う。従って、経済的かつ高信頼な光波長多重リング網システムを実現するためには、光パスの収容効率を高め、障害が発生した時に現用光パスから予備光パスへの切り換えを高速に行うことが不可欠である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

図31は、5つのノードAa～Eeを光伝送路でリング状に接続した光波長多重リング網システムにおいて、従来の技術に基づいて光パスを割当てた例であり、現用光パスを実線で示し、予備光パスを破線で示している。この例では、ノードCcを中継ノードとしてノードBbとノードDdを終端ノードとした双方向の現用光パスを割当て、ノードAaとノードEeを中継ノードとした現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを割当てている。従って、従来の光波長多重リング網システムでは、片方向（右回りまたは左回り）リングの波長数を n とした時、2ノード間に同一経路を通る双方向の現用光パスを割当て、現用光パスと逆回りの経路に双方向の予備光パスを1対1で割当てた場合、最大で n 本の光パス（現用光パスと予備光パスの1対1で1本の光パスとする）しか設定できず、光パスの設定効率が低かった。そのため、光パスの収容数を高めるためには、波長数を増やすことが必要となり、経済的な光波長多重リング網システムを構築することが困難であった。

【0006】

例えば、特開平11-163911号公報には、光パスの終端ノード間に1つの波長を用いて光パス割当てる場合に光パスの収容効率を高める方法が記載されている。しかしながら、今後の主流となる波長変換機能を伴う光波長多重リング網システムにおいて、光パスの収容効率を高める具体的な対応策は示されていない。さらに、障害が発生した場合に現用光パスから予備光パスへ切り換える動作

では、中継ノードを含めた光パスの終端ノード間でメッセージを通知することにより実施する方法が記載されている。しかしながら、この方法では、予備光パスの経路に位置する全てのノードにおいてメッセージを中継する処理が必要となる。そのため、ノード数や波長数が増加してシステムが大規模化した場合に、障害に無関係なノードで現用光パスから予備光パスへの切り換えに伴うメッセージ転送の処理負荷が増大したり、これに起因して障害回復に要する時間が長大するおそれがあった。

【 0 0 0 7 】

本発明の目的は、波長変換機能を伴う光波長多重リング網システムにおいて、光パスの収容効率を高めるとともに、障害発生時の回復動作を単純かつ高速にし、ノード数や波長数の増加によって、システムが大規模化した場合でも、経済的かつ高信頼な光波長多重リング網システム、その光パス設定方法、障害回復方法およびプログラムを提供することにある。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

前記課題を解決し目的を達成するために、本発明は、少なくとも右回り用光伝送路および左回り用光伝送路からなる光伝送路と、前記伝送路を介してリング状に接続され、波長が異なる複数の光信号の送受信と光パスの終端および切換え接続を行う複数のノードとを備え、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおいて、

前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記右回り用光伝送路又は前記左回り用光伝送路を介した経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定する手段と、

前記予備光パスを経路が重複しない前記現用光パスによって共有する手段と、を具備することを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

上記発明によれば、経路が重複しない現用光パスで予備光パスを共有することを付加したことにより、予備光パスを形成するために必要な波長数を減らすこと

になるので、光パスの収容数を増やすことができる。

【0010】

また、この発明は、前記現用パスを最短経路でノード間に設定する手段をさらに有することを特徴とする。

【0011】

上記発明によれば、現用光パスをノード間に最短経路で割当てることにより、予備光パスの経路が現用光パスに比べて長くなるから、予備光パスの共有度が高くなるため、光パスの収容数を増やすことができる。

【0012】

また、この発明は、前記現用光パスおよび前記予備光パスをノード間に双方向に設定する手段をさらに有することを特徴とする。

【0013】

上記発明によれば、現用光パスと予備光パスを双方向で割当てることにより、予備光パスの経路が現用光パスに比べて長くなるから、予備光パスの共有度が高くなるため、光パスの収容数を増やすことができる。

【0014】

また、この発明は、少なくとも右回り用光伝送路および左回り用光伝送路からなる光伝送路と、前記伝送路を介してリング状に接続され、波長が異なる複数の光信号の送受信と光パスの終端および切換え接続を行う複数のノードとを備え、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおいて、

前記始点ノードから終点ノードに至る前記右回り用光伝送路または前記左回り用光伝送路を介した経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定する手段と、

前記予備系パスを経路が重複しない前記現用光パスによって共有し、

前記現用光パスを終端するノードが光信号の受信に係わる障害を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、前記障害が発生した現用光パスの対向ノードに向けて警報信号を送出するとともに、

光信号の入力を予備光パスに切り替える手段と、

前記現用光パスを終端するノードが警報信号を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替える手段と、
を具備したことを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

上記発明によれば、現用光パスに障害が発生した場合のノードの動作として、

(1) 光信号を現用光パスと予備光パスの双方に出力する、(2) 警報信号を送出する、(3) 光信号の入力を予備光パスに切り替えることを付加し、警報信号を検出した場合のノードの動作として(1) 光信号を現用光パスと予備光パスの双方に出力する、(2) 光信号の入力を予備光パスに切り替えることを付加したことにより、障害が発生した場合に光パスの終端ノード間でメッセージを通知する必要がなく、極めて単純な動作により障害を回復することができる。

【 0 0 1 6 】

また、この発明は、波長が異なる複数の光信号の送受信と光パスの終端及び切り換え接続を行う複数のノードと、少なくとも1つのノードに接続されたネットワーク管理装置とを含み、前記ノードが少なくとも右回り用光伝送路及び左回り用光伝送路を介してリング状に接続され、任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおいて、

前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記右回り用光伝送路又は前記左回り用光伝送路を介した経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定する手段を具備し、

前記ネットワーク管理装置は、光パスを形成する少なくとも1つのノードに光パスの設定を要求する光パス要求手段を具備し、

前記ノードは、前記ネットワーク管理装置からの要求に基づいて光パスを形成するノード間で光パスの設定を行う光パス設定手段を具備し、

前記光パス要求手段は、光パスの設定の可否を求める手段と、光パスの設定を

要求するノードを定める手段と、前記予備光パスの共有の可否を求める手段とを具備し、

前記光パス設定手段は、光パスの挿入波長を設定する手段と、光パスの変換波長を設定する手段と、光パスの分岐波長を設定する手段とを具備し、

前記予備光パスの共有の可否を求める手段は、ノード間に設定される前記現用光パスの経路が重複しないときに前記予備光パスを共有可能であると判断し、既設の予備光パスを共有した新たな予備光パスを形成するように少なくとも1つのノードに光パスの設定を要求する手段を具備し、

前記光パス設定手段は、前記ネットワーク管理装置から既設の予備光パスを共有した新たな予備光パスを形成することを要求された場合に、既設の予備光パスに用いられている波長を共有して新たな予備光パスを形成する手段を具備することを特徴とする。

【0017】

上記発明によれば、光パス要求手段に予備光パスの共有の可否を求める手段と、光パス設定手段に波長を共有して予備光パスを形成する手段とを付加したことにより、経路が重複しない現用光パスで予備光パスを共有することができるため、予備光パスの形成に必要な波長数を減らすことになるので、光パスの収容数を増やすことが出来る。

【0018】

また、この発明によれば、少なくとも右回り用光伝送路および左回り用光伝送路からなる光伝送路と、前記伝送路を介してリング状に接続され、波長が異なる複数の光信号の送受信と光パスの終端および切換え接続を行う複数のノードとを備え、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおいて、

前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記右回り用光伝送路または前記左回り用光伝送路を介して経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定する手段と、

前記予備光パスを経路が重複しない前記現用光パスによって共有する手段と、

前記現用光パスを終端するノードが光信号の受信に関わる障害を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、前記障害が発生した現用光パスの対向ノードに向けて警報信号を送出するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替える手段と、

前記現用光パスを終端するノードが警報信号を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替える手段と、

を具備することを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

また、この発明によれば、少なくとも右回り用光伝送路および左回り用光伝送路からなる光伝送路と、前記伝送路を介してリング状に接続され、波長が異なる複数の光信号の送受信と光パスの終端および切換え接続を行う複数のノードとを備え、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおいて、前記各ノードは、

始点ノードから終点ノードに至る前記右回り用光伝送路または前記左回り用光伝送路を介して経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定する手段と、

前記予備光パスを経路が重複しない前記現用光パスによって共有する手段と、

前記現用光パスを終端するノードが光信号の受信に関わる障害を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、前記障害が発生した現用光パスの対向ノードに向けて警報信号を送出するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替える手段と、

前記現用光パスを終端するノードが警報信号を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替える手段と、

を具備することを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

また、この発明によれば、少なくとも右回り用光伝送路および左回り用光伝送

路からなる光伝送路と、前記伝送路を介してリング状に接続され、波長が異なる複数の光信号の送受信と光パスの終端および切換え接続を行う複数のノードとを備え、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおける光パスの設定方法において、

前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記右回り用光伝送路又は前記左回り用光伝送路を介した経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定し、

前記予備光パスを経路が重複しない前記現用光パスによって共有する、ことを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

また、この発明によれば、少なくとも右回り用光伝送路および左回り用光伝送路からなる光伝送路と、前記伝送路を介してリング状に接続され、波長が異なる複数の光信号の送受信と光パスの終端および切換え接続を行う複数のノードとを備え、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおける光パスの設定方法において、

前記始点ノードから終点ノードに至る前記右回り用光伝送路または前記左回り用光伝送路を介した経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定し、

前記予備光パスを経路が重複しない前記現用光パスによって共有し、

前記現用光パスを終端するノードが光信号の受信に係わる障害を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、前記障害が発生した現用光パスの対向ノードに向けて警報信号を送出するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替え、

前記現用光パスを終端するノードが警報信号を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替えることを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

また、この発明によれば、波長が異なる複数の光信号の送受信と光パスの終端及び切り換え接続を行う複数のノードと、少なくとも1つのノードに接続されたネットワーク管理装置とを含み、前記ノードが少なくとも右回り用光伝送路及び左回り用光伝送路を介してリング状に接続され、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおける光パスの設定方法において、

前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記右回り用光伝送路又は前記左回り用光伝送路を介した経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定し、

前記ネットワーク管理装置は、光パスを形成する少なくとも1つのノードに光パスの設定を要求し、

前記ノードは、前記ネットワーク管理装置からの要求に基づいて光パスを形成するノード間で光パスの設定を行い、

前記光パス要求手段は、光パスの設定の可否を求める手段と、光パスの設定を要求するノードを定める手段と、前記予備光パスの共有の可否を求め、

前記光パス設定手段は、光パスの挿入波長を設定する手段と、光パスの変換波長を設定する手段と、光パスの分岐波長を設定し、

前記予備光パスの共有の可否を求める手段は、ノード間に設定される前記現用光パスの経路が重複しないときに前記予備光パスを共有可能であると判断し、既設の予備光パスを共有した新たな予備光パスを形成するように少なくとも1つのノードに光パスの設定を要求し、

前記光パス設定手段は、前記ネットワーク管理装置から既設の予備光パスを共有した新たな予備光パスを形成することを要求された場合に、既設の予備光パスに用いられている波長を共有して新たな予備光パスを形成することを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

また、この発明によれば、少なくとも右回り用光伝送路および左回り用光伝送路からなる光伝送路と、前記伝送路を介してリング状に接続され、波長が異なる

複数の光信号の送受信と光パスの終端および切換え接続を行う複数のノードとを備え、任意の光ファイバを介して任意の始点ノードから送信された光信号を任意の終点ノードが受信する任意の波長による光パスを設定する光波長多重リング網システムにおける障害回復方法において、

前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記右回り用光伝送路または前記左回り用光伝送路を介して経路に現用光パスを設定し、前記始点ノードから前記終点ノードに至る前記現用光パスと逆回りの経路に予備光パスを設定し、

前記予備光パスを経路が重複しない前記現用光パスによって共有し、

前記現用光パスを終端するノードが光信号の受信に関わる障害を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、前記障害が発生した現用光パスの対向ノードに向けて警報信号を送出するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替え、

前記現用光パスを終端するノードが警報信号を検出した場合に、光信号を前記現用光パスと前記予備光パスの双方に出力するとともに、光信号の入力を予備光パスに切り替える、

ことを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

このように構成された光波長多重リング網システムにおける光パスの設定方法、および障害回復方法においても、上述した発明の光波長多重リング網システムと同様の作用効果を奏することが可能である。

【 0 0 2 5 】

また、この発明はプログラムとしても成立する。

【 0 0 2 6 】

【発明の実施の形態】

(第 1 実施形態)

以下、図面を参照して本発明による装置の第 1 の実施形態を説明する。

【 0 0 2 7 】

始めに以下の用語について定義する。

【 0 0 2 8 】

「波長多重」の語は、ノード間を接続する光伝送路において、波長が異なる複数の光信号が多重化されて伝送されることを意味し、具体的には、挿入波長、分岐波長及び変換波長を用いて光信号が多重化されることを意味する。挿入波長は、ノードから挿入する光信号に用いる波長である。分岐波長は、ノードで分岐する光信号に用いる波長である。変換波長は、ノードにおける光信号の波長変換に用いる波長であり、変換前の入力波長と変換後の出力波長からなる。従って、同一の波長であっても、あるノードでは、分岐波長に設定され、他のノードでは、変換波長あるいは挿入波長に設定されることがあり得る。

【 0 0 2 9 】

「始点ノード」の語は、光パスの始点となるノードを意味し、始点ノードでは、挿入波長が用いられる。

【 0 0 3 0 】

「中継ノード」の語は、光パスを中継するノードを意味し、中継ノードでは、変換波長が用いられる。

【 0 0 3 1 】

「終点ノード」の語は、光パスの終点となるノードを意味し、終点ノードでは分岐波長が用いられる。

【 0 0 3 2 】

「光パス」の語は、任意の2ノード間の通信において、始点ノードから挿入された光信号が中継ノードを通過して終点ノードで分岐される経路に形成された通信路を意味する。また、光パスには、正常時に使用される現用系の光パス（以後、現用光パスと記す）と、障害発生時に現用光パスの代替として使用される予備系の光パス（以後、予備光パスと記す）があり、各々を総称して光パスと記している。

【 0 0 3 3 】

「設定」の語は、光パスの波長を割当てるか、解放することを意味する。

【 0 0 3 4 】

図1は、本発明に係わる光波長多重リング網システムの構成を示した例であり、5つのノードA～Eと、ネットワーク管理装置（以後、NMSと称する）2と

、ノード間を接続する光伝送路 4 と、ノードと NMS 2 との間を接続する伝送路 6 から構成されている。隣接するノード間は 2 本の光ファイバによって相互に接続されたリング状のトポロジを形成しており、波長多重された光信号が右回り又は左回りで伝送される。NMS 2 は IP ルータ 8 と光パス管理装置 1 0 とを備えている。各ノード A ~ E は WDM 伝送装置 1 2 と、IP ルータ 1 4 と、光パス制御装置 1 6 とを備えている。NMS 2 とノード A 間は、伝送路 6 を介して IP ルータ 1 0 及び 1 4 が相互に接続されており、各ノード間の IP ルータ 1 4 は、WDM 伝送装置 1 2 と光伝送路 1 4 を介してデフォルトパスにより相互に接続されている。

【 0 0 3 5 】

デフォルトパスとは、あるノードから挿入された光信号が隣接するノードで分岐される経路に形成された通信路を意味し、本発明の実施形態においては、隣接するノードとの間に少なくとも 1 本のデフォルトパスが存在するものとする。

【 0 0 3 6 】

なお、この光波長多重リング網システムでは、IP ルーティングプロトコル（例えば OSPF (Open Shortest Path First)）が動作しており、IP ルータとデフォルトパスを介して光パス管理装置 1 0 及び光パス制御装置 1 6 の各々が相互に通信できる状態にあるとする。

【 0 0 3 7 】

なお、ノード数を増減したり、ノード間を 1 本の光ファイバで接続して異なる波長帯域（例えば、 $1.3\mu\text{m}$ 帯及び $1.5\mu\text{m}$ 帯）の波長を用いてノード間で双方向の通信をする様にしたり、ノード間を接続する光ファイバを 2 本以上にしてもよい。また、ノード A ~ E 乃至 WDM 伝送装置 1 2 には、光信号を伝送フレームにマッピングして伝送する機能（例えば、SDH 伝送装置）を含めるようにしても良い。また、NMS 2 とノード A ~ E に含まれる IP ルータ 1 4 は、必要に応じて他の機器（例えば、ATM スイッチ）に置き換えてもよく、光波長多重リング網システムの構成および NMS 2 とノードの構成は種々変形して実施できる。

【 0 0 3 8 】

図 2 は NMS 2 に含まれる光パス管理装置 1 0 の構成を示した例である。光パ

ス管理装置 1 0 は、I P ルータ 8 や他の機器及びオペレータとの間で各種の情報を授受する通信インターフェース 1 8 と、光パス管理部 2 0 と、構成管理テーブル 2 2 と、光パス管理テーブル 2 4 と、光パス共有テーブル 2 6 とを備える。光パス管理部 2 0 は、通信インターフェース 1 8 を介して授受する情報に基づいて光パスの設定を管理する。構成管理テーブル 2 2 には、図 3 に示すようにノードの識別子（以後、N I D と記す）2 8 と、光パス制御装置 1 6 の I P アドレス（以後、N I P と記す）3 0 と、ノード間の接続関係 3 2 と、WDM 伝送装置が所有する未使用の波長数 3 4 が記載される。光パス管理テーブル 2 4 には、図 4 に示すように光パスの識別子（以後、O I D と記す）3 6 と、始点ノードから終点ノードに至る光パスの経路上の N I D 3 8 が記載される。光パス共有テーブル 2 6 には、図 5 に示すように N I D 4 0 と、O I D 4 2 と、予備光パスをグループ化した際の識別子（以後、G I D と記す）4 4 が記載される。

【 0 0 3 9 】

なお、構成管理テーブル 2 2 は、通信インターフェース 1 8 を介してオペレータと授受する情報に基づいて生成したり、光パス管理装置 1 0 と光パス制御装置 1 6 との通信によって授受する情報に基づいて生成すればよい。また、構成管理テーブル 2 2 には N I D と N I P の両方を記載するようにしたが、N I D から N I P を導いたり、N I P から N I D を導く方法を光パス管理装置 1 0 が備える場合は、N I D と N I P のどちらか一方を記載するようにしてもよい。また、構成管理テーブル 2 2 には WDM 伝送装置 1 2 が所有する未使用の波長数を記載するようにしたが、光パスの設定に応じた波長の使用状態を記載するようにしてもよい。光パスの設定の可否を N M S 2 において判定しない場合は、WDM 伝送装置 1 2 が所有する未使用の波長数を記載しなくてもよい。また、光パス管理テーブル 2 4 と光パス共有テーブル 2 6 を 1 つのテーブルに併合したり、全てのテーブルを併合してもよく、光パス管理装置 1 0 におけるテーブルの構成は、種々変形して実施することができる。

【 0 0 4 0 】

図 6 はノードに含まれる WDM 伝送装置 1 2 の構成を示した例である。WDM 伝送装置 1 2 は、隣接するノードの WDM 伝送装置 1 2 との間で波長多重された

光信号を送受信する一対のWDM伝送部46と、光スイッチ部48と、IPルータ14や光パス制御装置16との間で各種の情報を授受する通信インターフェース50とを備える。WDM伝送部46乃至光スイッチ部48は、波長の挿入／分岐／変換に係わる機能、光信号の入出力の切り換えに係わる機能、光信号の伝送に係わる障害を検出する機能を有する。

【0041】

なお、図6においては、一対のWDM伝送部46と1つの光スイッチ部48が複数の光ファイバを介して入出力される光信号を処理したり、1つの通信インターフェース50によってIPルータ14や光パス制御装置16との間で各種の情報を授受するように構成したが、光ファイバの入出力単位に複数のWDM伝送部46と光スイッチ部48を設けようにしたり、必要に応じて複数の通信インターフェース50を設けるようにしても良く、WDM伝送装置12の構成は、種々変形して実施することができる。

【0042】

図7は、各ノードA～Eに含まれる光パス制御装置16の構成を示した例である。光パス制御装置16は、IPルータ14やWDM伝送装置12および他の機器との間で各種の情報を授受する通信インターフェース52と、光パス制御部54と、構成情報テーブル56と、光パス制御テーブル58とを備える。光パス制御部54は、通信インターフェース52を介して授受する情報に基づいて光パスの設定を制御する。構成情報テーブル56には、隣接するノードのNIDおよびNIPが記載される。光パス制御テーブル58には、WDM伝送装置12が所有する波長の使用状態や光パスの設定状態が記載される。

【0043】

なお、構成情報テーブル56は、隣接するノード間の光パス制御装置16が通信することによって授受した情報に基づいて生成したり、光パス管理装置10と通信することによって授受した情報に基づいて生成すればよい。また、構成情報テーブル56にはNIDとNIPの両方を記載するようにしたが、NIDからNIPを導いたり、NIPからNIDを導く方法を光パス制御装置16が備える場合は、隣接するノードのNIDおよびNIPのどちらか一方を構成情報テーブル

56に記載するようにしてもよい。また、構成情報テーブル56と、光パス制御テーブル58を1つのテーブルに併合してもよく、光パス制御装置16におけるテーブルの構成は、種々変形して実施することができる。

【0044】

(光パスの割当てに係わる動作)

図8は、本発明に係わる光波長多重リング網システムにおいて、2ノード間に現用光パスと予備光パスを割当てた例であり、予備光パスが共有されている部分を網かけで示している。

【0045】

図9は、光パスの設定に係わるNMS2の動作を示すフローチャートの例である。本実施形態においては、光波長多重リング網システムに光パスが割当てられていないときに、設定要求1によってノードB-C-D間、設定要求2によってノードC-D-E間、設定要求3によってノードA-B間に対して、現用光パスの割当てを要求元（オペレータや他の機器）から通信インターフェースを介して光パス管理部20に順次要求されたことを想定する。

【0046】

ノード間に光パスを割当てる場合、要求元は、NIDやNIPによって現用光パスの経路を指定する。光パス管理部20は、光パスの割当てを要求されると、図9に示したフローチャートに従って処理を行う。ステップ1では、指定された経路に基づいて構成管理テーブル22を検索し、経路上の全てのノードで現用光パスを割当てるために波長を使用可能であるか判断する。波長の不足によって現用光パスの割当てが不可能な場合は、ステップ2においてその旨を要求元に通知する。現用光パスの割当てが可能な場合は、ステップ3において重複しないOIDを発行し、ステップ4において光パス共有テーブル26の検索によって予備光パスの共有可否を求めるとともに光パス共有テーブル26を更新し、ステップ5において光パスの割当てをノードに通知する。

【0047】

なお、要求元から現用光パスの経路を指定する場合、中継ノードに関しては指定しないか、一部分を指定するようにしてもよい。この場合、光パス管理部20

は、構成管理テーブル 2 2 を検索し、ノード間で最短となる経路や使用可能な波長数に余裕がある経路を選択することによって現用光パスの経路を確定する。また、具体的な経路の選択方法は、要求元から通信インターフェースを介して光パス管理部 2 0 に指定するようにしてもよい。

【 0 0 4 8 】

図 1 0 は図 9 に示したステップ 4 の詳細な動作を示すフローチャートの例である。予備光パスの共有可否を求めるには、ステップ 4 1 において、既設の現用光パスの有無を判断する。既設の現用光パスが無い場合は予備光パスの共有を不可能とし、ステップ 4 2 において予備光パスを新設するために必要となる重複しない G I D を発行する。既設の現用光パスが有る場合は、ステップ 4 3 において既設の現用光パスと新設する現用光パスとの経路が重複するか判断する。経路が重複する場合は予備光パスの共有が不可能であるため、ステップ 4 2 と同様の処理を行う。経路が重複しない場合は、予備光パスの共有が可能であるため、ステップ 4 4 において光パス共有テーブル 2 6 を検索し、予備光パスを共有する G I D を求める。ステップ 4 5 では、以上の処理結果に基づいて、光パス共有テーブル 2 6 を更新する。

【 0 0 4 9 】

図 1 1 は、上記の設定要求 1 乃至設定要求 3 に従って光パスを順次割当てた場合に、ステップ 4 5 において更新された光パス共有テーブル 2 6 の例である。テーブルの行方向には G I D が相当し、列方向には N I D が相当し、各々の要素には、O I D が記載される。図 1 1 では、処理によって更新された部分を網かけで示している。以後、図 9 乃至図 1 1 を参照し、光パスの割当てに係わる動作を詳細に説明する。

【 0 0 5 0 】

なお、光パスはノード間に双方向（即ち、右回りおよび左回り）で割当ててが、以後では、右回りの光パスの割当てについてのみ説明する。また、各ノードの WDM 伝送装置は、上記の設定要求 1 乃至設定要求 3 に対して、光パスを割当てることが可能な十分な波長数を所要しているものとする。

【 0 0 5 1 】

最初に設定要求 1 によってノード B - C - D 間への現用光パスの割当てが要求された場合を説明する。光パス管理部 2 0 は光パスの割当てを要求されると、図 9 に示したフローチャートに従って処理を行う。ステップ 3 では、O I D 1 が発行される。ステップ 4 1 では、既設の現用光パスが無いと判断されるため、ステップ 4 2 において G I D 1 が発行される。ステップ 4 5 では、図 1 1 に示したように、発行した G I D と新設する現用光パスの始点ノードおよび中継ノードが一致する欄に O I D 1 が書き込まれる。

【 0 0 5 2 】

なお、図 1 1 に示す例では、始点ノードおよび中継ノードが一致する欄に O I D を書き込むようにしたが、中継ノードと終点ノードが一致する欄に O I D を書き込むようにしても良い。

【 0 0 5 3 】

次に、設定要求 2 によってノード C - D - E 間への現用光パスの割当てが要求された場合を説明する。図 9 に示したフローチャートに従い、ステップ 3 では、O I D 2 が発行される。ステップ 4 3 では、既設の現用光パスが有り、且つ既設の現用光パスと新設する現用光パスとの経路が重複すると判断されるため、ステップ 4 2 において G I D 2 が発行される。経路の重複は、光パス共有テーブル 2 6 において、新設する現用光パスの始点ノードおよび中継ノードが一致する列に O I D が記載されているかによって判断される。この場合はノード C の列に O I D 1 が記載されているため、既設の現用光パス (O I D 1) と新設する現用光パス (O I D 2) の経路が重複すると判断される。ステップ 4 5 では、設定要求 1 の場合と同様の処理により、光パス共有テーブル 2 6 が更新される。以上の処理結果に基づいて図 1 1 に示したように、光パス共有テーブル 2 6 に O I D 2 が書き込まれる。

【 0 0 5 4 】

最後に、設定要求 3 によって、ノード A - B 間への現用光パスの割当てが要求された場合を説明する。図 9 に示したフローチャートに従い、ステップ 3 では、O I D 3 が発行される。ステップ 4 3 では、既設の現用光パスが有り、且つ既設の現用光パスと新設する現用光パスとの経路が重複しないと判断されるため、ス

テップ 4 4 において、予備光パスを共有する G I D が選ばれる。経路の重複は、設定要求 2 の場合と同様の処理によって求められる。この場合は、既設の現用パス（O I D 1 および O I D 2）と新設する現用光パス（O I D 3）の経路が重複しないと判断される。予備光パスを共有する G I D は、O I D の記載がない G I Dの中から任意の 1 つを選べばよく、ここでは G I D 1 が選ばれたとする。ステップ 4 5 では、図 1 1 に示したように、G I D 1 と新設する現用光パスの始点ノードおよび中継ノードが一致する欄に O I D 3 が書き込まれる。

【 0 0 5 5 】

なお、ステップ 4 1 において、既設の現用光パスの有無は、光パス管理テーブル 2 4 の検索によって求めるようにしても良い。また、ステップ 4 4 において、予備光パスを共有する G I D として G I D 1 が選ばれた場合を説明したが、G I D 2 が選ばれた場合でも同様に実施できることは明らかである。また、ステップ 4 5 において、G I D と新設する現用光パスの始点ノードおよび中継ノードが一致する欄に O I D を書き込むようにしたが、G I D と新設する現用光パスの終点ノードおよび中継ノードが一致する欄に O I D を書き込むようにしてもよい。

【 0 0 5 6 】

なお、以上の説明では、右回りの光パスを割当てする場合について説明したが、左回りの光パスを割当てする場合についても同様に実施できることは明らかである。また、以上の説明では、設定要求 1 乃至設定要求 3 に係わる動作について説明したが、現用光パスの経路が異なったり、設定要求 3 以降に光パスの設定要求が継続した場合についても光パスの割当てを同様に実施できることは明らかである。

【 0 0 5 7 】

図 1 2 は図 9 に示したステップ 5 において、光パスの割当てをノードへ通知する際に用いる光パス情報のフォーマットを示した例である。光パス情報は、I P パケットのデータ部分に包含され、N M S 2 とノードあるいはノード間で授受される。光パス情報には、制御 I D 6 0 と、O I D 6 2 と、経路情報 6 4 と、付加情報 6 6 が含まれる。制御 I D 6 0 は光パスの設定に係わる制御の種別を識別するために使用し、割当要求、割当確認、割当不可、解放要求、解放確認、解放不

可を示すいずれかの値が記載される。O I D 6 2 は各々の光パスを識別するために使用し、光パス管理部 2 0 によって発行および管理される重複しない固有な値が記載される。経路情報 6 4 は、光パスの経路を識別するために使用し、始点ノード識別子（以後、始点 N I P と記す）6 8 と、中継ノード識別子（中継 N I P と記す）7 0 と、終点ノード識別子（終点 N I P と記す）7 2 から構成され、各々には、光パス制御装置 1 6 の I P アドレスが記載される。付加情報 6 6 には、光パスの設定に係わる付加的な情報が記載され、予備光パスを設定する場合には、図 1 0 に示したフローチャートに従って定められた G I D が記載される。図 1 2 には、I P パケットに含まれる送信元 I P アドレス（以後、S r c I P と記す）と、宛先 I P アドレス（以後、D s t I P と記す）と、データ部分のみを記している。N M S 2 から光パス情報が転送される場合は、S r c I P に光パス管理装置 1 0 の I P アドレスが記載され、ノードから光パス情報が転送される場合は転送元となるノードの N I P が S r c I P に記載される。

【0058】

なお、経路情報に含まれる中継 N I P には、必要に応じて複数の N I P を記載したり、中継ノードが無い場合は記載をしなくてもよい。複数の N I P を記載する場合は、光パスの経路に沿って順番に記載すればよい。また、経路情報には光パスを設定するノードの N I D を記載したり、N I P と N I D の両方を記載してもよい。経路情報に N I D を記載して授受する場合は、光パス管理装置 1 0 や光パス制御装置 1 6 において N I D から N I P を導くようにすればよい。また、現用光パスを設定する場合、N M S 2 からノードに渡す光パス情報の付加情報には何も記載しなくてよい。

【0059】

なお、光パス管理装置 1 0 の I P アドレスは、光パス管理装置 1 0 と光パス制御装置 1 6 との通信によって授受する情報に基づいて、光パス制御装置 1 6 の光パス制御部 5 4 において認識されているものとする。

【0060】

なお、図 1 2 に示した光パス情報のフォーマットは一例であって、種々変形して実施することができる。

【0061】

次に、既設の予備光パスを共有した新たな予備光パスを割当てする場合について図8に示した設定要求1および設定要求2に係わる光パスと設定要求3の現用光パスが既設の状態、設定要求3に係わる右回りの予備光パス（OID3）を割当てる動作を詳細に説明する。

【0062】

NMS2の光パス管理部20は、設定要求3に従ってノードB-C-D-E-A間に既設の予備光パス（OID1）を共有して予備光パス（OID3）を新設するために、図9に示したフローチャートに従って、ノードBの光パス制御装置16に光パス情報を渡す。図13は、NMS2からノードBに渡される光パス情報の例であり、制御ID60には、割当要求、OID62にはOID3、付加情報66には光パス共有テーブル26の検索によって得られたGID1が記載されている。経路情報の始点NIP68にはノードBのNIP、終点NIP72にはノードAのNIPが記載されている。中継NIP70には、予備光パスの経路に沿って、ノードCと、ノードDと、ノードEのNIPが順番に記載されている。この光パス情報を包含するIPパケットのSrcIPには光パス管理装置10のIPアドレス、DstIPにはノードBのIPアドレスが記載され、IPルータによるパケットのルーティングによりNMS2からノードBに転送される。

【0063】

各ノードの光パス制御部54は、通信インターフェースを介して制御IDに割当要求、割当確認または割当不可が記載された光パス情報を受け取ると、光パスの割当てに係わる処理を行う。図14は右回りのリングに係わる各ノードの光パス制御テーブル58について、設定要求3の予備光パス（OID3）を割当てる直前の状態を示した例である。

【0064】

図15は、制御IDに割当要求が記載された光パス情報を受け取った場合に、光パス制御部54において実施される動作を示すフローチャートの例である。図16は、図15に示したステップ7の詳細な動作を示すフローチャートの例である。図17は、図15に示したステップ9の詳細な動作を示すフローチャートの

例である。図18は図15に示したステップ10の詳細な動作を示すフローチャートの例である。図19は、制御IDに割当確認が記載された光パルス情報を受け取った場合に、光パス制御部54において実施される動作を示すフローチャートの例である。図20は右回りのリングに係わる各ノードの光パス制御テーブル58について、設定要求3の予備光パス(OID3)を割当てた直後の状態を示した例である。

【0065】

なお、光パス制御テーブル58の使用状態において、挿入波長に用いる波長は「add」と記載し、波長変換の変換前に用いる波長は「in」と記載し、波長変換の変換後に用いる波長は「out」と記載し、分岐波長に用いる波長は「drop」と記載している。また、現用光パスに用いる波長に関しては、GIDに値を記載せず、予備光パスに用いる波長に関しては、光パス情報によって受け取った値をGIDに記載している。従って、例えばOID1の現用光パスに関しては、始点ノードであるノードBの送信側波長 λ_1 が挿入波長に使用され、中継ノードであるノードCの受信側波長 λ_1 と送信側波長 λ_1 が変換波長に使用され、終点ノードであるノードDの受信側波長 λ_1 が分岐波長に使用されていることがわかる。すなわち、現用光パスのOID1は、右回りに、ノードB-C-Dであるので、図14の光パス制御テーブル58のノードBの波長 λ_1 の送信側の使用状態に「add」が書き込まれ、OIDに「1」が書き込まれる。そしてノードCは、中継ノードであるので、波長 λ_1 の受信側の使用状態に、「in」が書き込まれ、OIDに「1」が書き込まれる。さらに、同ノードの波長 λ_1 の送信側の使用状態に「out」が書き込まれ、OIDに「1」が書き込まれる。最後に、ノードDは終端ノードであるので、波長 λ_1 の受信側の使用状態に「drop」が書き込まれ、OIDに「1」が書き込まれる。

【0066】

また、OID1の予備光パスに関しては、始点ノードであるノードDの送信側波長 λ_1 が挿入波長に使用され、中継ノードであるノードEの受信側波長 λ_1 と送信側波長 λ_1 が変換波長に使用され、中継ノードであるノードAの受信側波長 λ_1 と送信側波長 λ_1 が変換波長に使用され、終点ノードであるノードBの受信

側波長 λ 1 が分岐波長に使用されていることがわかる。すなわち、O I D 1 の予備光パスのノードは右回りに、D-E-A-Bであるので、ノードDの波長 λ 「1」の送信側の使用状態に、「a d d」が書き込まれ、O I Dに「1」が書かれる。また、予備光パスをグループ化した際の識別子であるG I Dは、最初の（1本目の）予備光パスの登録であるので、「1」が書き込まれる。次のノードEは中継ノードであるので、波長 λ 「1」の受信側と送信側の各使用状態、O I D、G I Dにそれぞれ「i n」、「1」、「1」、「o u t」、「1」、「1」が書き込まれる。同様に、ノードAも中継ノードであるので、ノードEと同様の値が設定される。そして、ノードBは終端ノードであるので、波長 λ 「1」の受信側の使用状態に「d r o p」が書き込まれ、O I DおよびG I Dにそれぞれ「1」が書き込まれる。

【0067】

一方、O I D 2 の予備光パスのノードは、E-A-B-Cとなる。従って、図14に示すようにノードEの波長 λ 「2」の送信側の使用状態に「a d d」が書き込まれ、O I Dに「2」が書き込まれ、G I Dは「2」となる。G I Dが「2」となるのは、O I D 1 の予備光パスと共用できないためである。すなわち、O I D 1 の現用光パスはB-C-Dであり、O I D 2 の現用光パスは、C-D-Eである。今、仮にノードCとノードDとの間に障害が発生したとすると、O I D 1 の場合には、ノードD-E-A-Bを予備光パスとして使用し、O I D 2 の場合には、ノードE-A-B-Cを予備光パスとして使用する。従って、現用パスが重なった場合は、予備光パスを共用できないためである。このため、G I Dとした新たに「2」の識別子が付けられる。

【0068】

そして、ノードAは中継ノードであるので、波長 λ 「2」の受信側の使用状態に「i n」が書き込まれ、O I D、G I Dにそれぞれ「2」が書き込まれる。また、波長 λ 「2」の送信側の使用状態、O I D、G I Dにそれぞれ「o u t」、「2」、「2」が書き込まれる。さらに、ノードBも中継ノードであるために、ノードAと同様の値が書き込まれる。そして、ノードCは、終端ノードであるため、波長 λ 「2」の受信側の使用状態に「d r o p」が、O I D、G I Dにそれ

ぞれ「2」が書き込まれる。

【0069】

すなわち、変換波長に関しては、受信側と送信側のO I Dに同じ値が記載された波長が一对となっており、前者が変換前の入力波長となり、後者が変換後の出力波長となる。また、図20では、図14に示した光パス制御テーブル58から更新された部分を網かけで示している。

【0070】

制御I Dに割当要求が記載された光パス情報を受け取った光パス制御部54は、図13に示す経路情報と自ノードが有するO I Dとを比較することにより、図15のステップ6において、始点ノードに該当すると判断した場合は、ステップ7の始点ノード割当要求処理を実施する。始点ノードに該当せず、ステップ8において中継ノードに該当すると判断した場合は、ステップ9の中継ノード割当要求処理を実施する。始点ノードおよび中継ノードに該当しないと判断した場合は、ステップ10の終点ノード割当要求処理を実施する。

【0071】

始点ノード割当要求処理は図16に示したフローチャートに従って実施される。ステップ71では、光パス制御テーブル58の送信側のG I Dを検索し、光パス情報の付加情報に記載されたG I Dと一致する値があるか判断する。G I Dが一致した場合は既設の予備光パスを共有するために、ステップ72においてG I Dが一致した波長を光パスの挿入波長として選ぶ。G I Dが一致しない場合は、予備光パスを新設するために、ステップ73において、未使用の波長を光パスの挿入波長として選ぶ。ステップ74では、上記の処理結果に基づいて光パス制御テーブル58を更新する。ステップ75では、光パス情報の付加情報に上記の処理で選ばれた挿入波長を記載し、光パス情報を包含するI PパケットのS r c I Pに自ノードのN I P、D s t I Pに経路情報から読み込んだ終点ノード方向に隣接するノードのN I Pを記載し、更新した光パス情報を隣接するノードへ転送する。

【0072】

なお、光パス制御テーブル58の更新では、該当する挿入波長の使用状態に「

add」を書き込み、光パス情報によって受け取った値をOIDおよびGIDにそれぞれ書き込む。既設の予備光パスを共有する場合は、該当する挿入波長の使用状態とOIDおよびGIDに値が記載済みであるため、必要な値のみを追記すればよい。従って、OID3の予備光パスに関しては、図20に示した例のように、始点ノードであるノードBの送信側波長 λ_3 の使用状態に「add」、OIDに「3」、GIDに「1」がそれぞれ書き込まれる。GIDに「1」を書き込むのは、OID1の予備光パスを共有するためグループの識別子は「1」となる。すなわち、OID3の現用光パスのノードは、A-Bであり、OID1の現用光パスのノードである。B-C-Dと重ならない。このため、OID1とOID3とで予備光パスを共用することができる。

【0073】

中継ノード割当要求処理は、図17に示したフローチャートに従って実施される。ステップ91では、光パス制御テーブル58の送信側のGIDを検索し、光パス情報の付加情報に記載されたGIDと一致する値があるか判断する。GIDが一致した場合は、既設の予備光パスを共有するために、ステップ92においてGIDが一致した波長を光パスの出力波長として選ぶ。GIDが一致しない場合は、予備光パスを新設するために、ステップ93において未使用の波長を光パスの出力波長として選ぶ。ステップ94では、上記の処理結果に基づいて光パス制御テーブル58を更新する。ステップ95では、光パス情報の付加情報に上記の処理で選ばれた出力波長を記載し、光パス情報を包含するIPパケットのSrcIPに自ノードのNIP、DstIPに経路情報から読み込んだ終点ノード方向に隣接するノードのNIPを記載し、更新した光パス情報を隣接するノードへ転送する。

【0074】

なお、光パス制御テーブル58の更新では、該当する出力波長の使用状態に「out」を書き込み、光パス情報によって受け取った値をOIDおよびGIDにそれぞれ書き込む。既設の予備光パスを共有する場合は、該当する出力波長の使用状態とOIDおよびGIDに値が記載済みであるため、必要な値のみを追記すればよい。また、更新前の光パス情報の付加情報に記載された波長は、光パスの

入力波長となるため、入力波長と光パス情報に記載されたG I Dに基づいて光パス制御テーブル5 8の該当する波長の使用状態に「i n」を書き込み、光パス情報によって受け取った値をO I DおよびG I Dにそれぞれ書き込む。既設の予備光パスを共有する場合は、該当する入力波長の使用状態とO I DおよびG I Dに値が記載済みであるため、必要な値のみを追記すればよい。従ってO I D 3の予備光パスに関しては、図2 0に示した例のように、中継ノードであるノードCの受信側波長 λ 3の使用状態に、「i n」、送信側波長 λ 3の使用状態に「o u t」、O I Dに「3」、G I Dに「1」がそれぞれ書き込まれる。また、中継ノードであるノードDの受信側波長 λ 3の使用状態に「i n」、O I Dに「3」、G I Dに「1」がそれぞれ書き込まれる。送信側波長に関してはG I Dが一致した波長 λ 1の使用状態に「o u t」、O I Dに「3」が追記される。また、中継ノードであるノードEの受信側波長および送信側波長に関しては、G I Dが一致した波長 λ 1のO I Dに「3」が追記される。

【0 0 7 5】

終点ノード割当要求処理は、図1 8に示したフローチャートに従って実施される。ステップ1 0 1では光パス制御テーブル5 8の受信側のG I Dを検索し、光パス情報の付加情報に記載されたG I Dと一致する値があるか判断する。G I Dが一致しない場合は、ステップ1 0 2において、光パス情報の付加情報に記載された波長を光パスの分岐波長に割当てるように通信インターフェースを介して光スイッチ部4 8に通知する。光スイッチ部4 8は、通知に基づいて光パスの分岐波長を割当てて。ステップ1 0 1においてG I Dが一致した場合、およびステップ1 0 2の処理を終えた場合は、ステップ1 0 3において、光パス制御テーブル5 8を更新する。ステップ1 0 4では、光パス情報の制御I Dに割当確認を記載し、光パス情報を包含するI PパケットのS r c I Pに自ノードのN I P、D s t I Pに経路情報から読み込んだ始点ノード方向に隣接するノードN I Pを記載し、更新した光パス情報を隣接するノードへ転送する。

【0 0 7 6】

なお、光パス制御テーブル5 8の更新では、該当する分岐波長の使用状態に「d r o p」を書き込み、光パス情報によって受け取った値をO I DおよびG I D

にそれぞれ書き込む。既設の予備光パスを共有する場合は、該当する分岐波長の使用状態とO I DおよびG I Dに値が記載済みであるため、必要な値のみを追記すればよい。従って、O I D 3の予備光パスに関しては、図20に示した例のように、終点ノードであるノードAにおいて、G I Dが一致した受信側波長 $\lambda 1$ の使用状態に「drop」、O I Dに「3」が追記される。

【0077】

制御I Dに割当確認が記載された光パス情報を受け取った光パス制御部54は、経路情報を参照し、図19のステップ11において、中継ノードに該当すると判断した場合は、ステップ12において光パス情報に記載されたO I DとG I Dに基づいて光パス制御テーブル58を検索し、それぞれが一致した入力波長と出力波長を光パスの変換波長に割当てるように通信インターフェースを介して光スイッチ部48に通知する。光スイッチ部48は、通知に基づいて光パスの波長変換を割当てて。ステップ13では、光パス情報を包含するI PパケットのS r c I Pに自ノードのN I P、D s t I Pに経路情報から読み込んだ始点ノード方向に隣接するノードのN I Pを記載し、隣接するノードへ光パス情報を転送する。ステップ11において、中継ノードに該当しないと判断した場合は、ステップ14において光パス制御テーブル58の送信側のG I Dを検索し、光パス情報の付加情報に記載されたG I Dと一致する値があるか判断する。G I Dが一致しない場合は、ステップ15において光パス情報に記載されたO I DとG I Dに基づいて光パス制御テーブル58を検索し、G I Dが一致した波長を光パスの挿入波長に割当てるように光スイッチ部48に通信インターフェースを介して通知する。光スイッチ部48は、通知に基づいて光パスの挿入波長を割当てて。ステップ14においてG I Dが一致した場合およびステップ15の処理を終えた場合は、ステップ16において光パス情報を包含するI PパケットのS r c I Pに自ノードのN I P、D s t I Pに光パス管理装置10のI Pアドレスを記載し、N M S 2へ光パス情報を転送する。

【0078】

制御I Dに割当て確認が記載された光パス情報を受け取った光パス管理部20は、O I Dや経路情報に基づいて構成管理テーブル22に含まれるWDM伝送装

置が所有する未使用の波長数を更新するとともに、ノード間に割当てた光パスの情報を光パス管理テーブル 2 4 に書き込む。必要な場合は、光パスの割当てが完了した旨を要求元へ通知する。

【0079】

なお、以上の説明では、既設の予備光パスを共有して新たな予備光パスを割当ててする場合の動作について示したが、図 1 5 乃至図 1 9 に示したフローチャートに従うことにより、現用光パスおよび既設の予備光パスを共有せずに新たな予備光パスを割当てする場合も同様に実施できることは明らかである。

【0080】

なお、以上の説明では、右回りの光パスを割当ててする場合について説明したが、左回りの光パスを割当てて場合についても同様に実施できることは明らかである。

【0081】

なお、以上の説明では、図 1 9 のフローチャートにおいて光パスの挿入波長及び変換波長を光スイッチ部 4 8 に割当てるようにしたが、図 1 6 のステップ 7 2 乃至ステップ 7 3 の後に光スイッチ部 4 8 に対して挿入波長を割当てたり、図 1 7 のステップ 9 2 乃至ステップ 9 3 の後に、光スイッチ部 4 8 に対して変換波長を割当てるようにしても良い。この場合、光パスの中継ノードおよび始点ノードは、制御 ID に割当て確認が記載された光パス情報を図 1 9 のステップ 1 3 またはステップ 1 6 に従って転送する処理のみを行えばよい。

【0082】

なお、図 1 5 乃至図 1 9 に示したフローチャートは動作の一例であって、例えば、複数のステップを統合したり、本発明の要旨を逸脱しない範囲でフローチャートの構成を種々変形して実施してもよい。

【0083】

なお、以上の説明では、光パス管理装置 1 0 の構成管理テーブル 2 2 において、WDM 伝送装置の WDM 伝送部 4 6 が所有する未使用の波長数を管理するようにしたが、未使用の波長数は、光パスの設定に応じて各ノードの光パス制御装置 1 6 が管理するようにしてもよい。この場合、経路上のノードで波長が不足して

光パスの割当てが不可能な際は、光パス情報の制御 I D に割当て不可を記載して隣接するノード間で転送した後、ノードから NMS 2 へ光パス情報を転送するようにし、NMS 2 から要求元へ光パスの割当てに失敗した旨を通知すればよい。また、各ノードの光パス制御部 5 4 は、制御 I D に割当て不可が記載された光パス情報を受け取った場合、O I D や G I D に基づいて光パス制御テーブル 5 8 を検索し、該当する波長の使用状態を未使用の状態に更新すればよい。

【 0 0 8 4 】

(光パスの解放に係わる動作)

以下では、共有された予備光パスを解放する場合について、図 8 に示した設定要求 1 乃至設定要求 3 に係わる光パスが既設の状態、設定要求 1 によって設定された右回りの予備光パス (O I D 1) を解放する動作を詳細に説明する。

【 0 0 8 5 】

ノード間に割当てられた光パスを解放する場合は、光パスを割当てする場合と同様に、要求元から光パス管理部 2 0 に対して光パスの経路か O I D を指定する。光パス管理部 2 0 は、指定された経路あるいは O I D に基づいて光パス管理テーブル 2 4 や光パス共有テーブル 2 6 の検索を行い、該当する光パスが存在するか確認し、光パスを解放する経路を確定する。

【 0 0 8 6 】

なお、中継ノードの指定がなかったり一部分が指定された際に、光パス管理テーブル 2 4 の検索によって解放する光パスを特定できない場合は、解放する光パスを特定するために必要な中継ノードを指定するように要求元に通知すればよい。該当する光パスが存在せず光パスの解放が不可能な場合は、その旨を要求元へ通知する。

【 0 0 8 7 】

NMS 2 の光パス管理部 2 0、設定要求 1 に従ってノード D - E - A - B 間に設定された予備光パス (O I D 1) を解放するために、ノード D の光パス制御装置 1 6 に光パス情報を渡すことで光パスの解放を通知する。図 2 1 は NMS 2 からノード B に渡される光パス情報の例であり、制御 I D には解放要求、O I D には O I D 1、付加情報には光パス共有テーブル 2 6 の検索によって得られた G I

D 1 が記載されている。経路情報の始点 N I P にはノード D の N I P、終点 N I P にはノード B の N I P が記載されている。中継 N I P には、予備光パスの経路に沿って、ノード E とノード A の N I P が順番に記載されている。この光パス情報を包含する I P パケットの S r c I P には光パス管理装置 1 0 の I P アドレス、D s t I P にはノード D の I P アドレスが記載され、I P ルータによるパケットのルーティングにより N M S 2 からノード D に転送される。

【 0 0 8 8 】

各ノードの光パス制御部 5 4 は、通信インターフェースを介して制御 I D に解放要求、解放確認または解放不可が記載された光パス情報を受け取ると、光パスの解放に係わる処理を行う。図 2 2 は制御 I D に解放要求が記載された光パス情報を受け取った場合に、光パス制御部 5 4 において実施される動作を示すフローチャートの例である。図 2 3 は制御 I D に解放確認が記載された光パス情報を受け取った場合に、光パス制御部 5 4 において実施される動作を示すフローチャートの例である。図 2 4 は右回りのリングに係わる各ノードの光パス制御テーブル 5 8 について、設定要求 1 の予備光パス (O I D 1) を解放した直後の状態を示した例である。

【 0 0 8 9 】

なお、本発明の実施形態では、現用光パスと予備光パスを一对として扱うため、図 2 4 では、設定要求 1 の現用光パス (O I D 1) も解放されている状態を示している。また、図 2 4 では、図 2 0 に示した光パス制御テーブル 5 8 から更新された部分を網かけで示している。

【 0 0 9 0 】

制御 I D に解放要求が記載された光パス情報を受け取った光パス制御部 5 4 は、経路情報を参照し、図 2 2 のステップ 1 7 およびステップ 1 8 において始点ノードまたは中継ノードに該当すると判断した場合は、光パス情報を包含する I P パケットの S r c I P に自ノードの N I P、D s t I P に経路情報から読み込んだ終点ノード方向に隣接するノードの N I P を記載して光パス情報を隣接するノードへ転送する。いずれにも該当しないと判断した場合は、ステップ 2 0 において光パス情報に記載された O I D と G I D が一致する波長を光パス制御テーブル

58から検索し、該当する波長が共有されているか判断する。波長が共有されていると判断した場合は、ステップ21において光パス共有テーブル26に記載されている使用状態に従って該当する波長を光パスの分岐波長または入力波長に割当てるように通信インタフェースを介して光スイッチ部48に通知する。光スイッチ部48は、通知に基づいて光パスの分岐波長または入力波長を割当てる。波長が共有されていないと判断した場合は、ステップ22において、該当する波長を光パスの分岐波長から解放するように通信インタフェースを介して光スイッチ部48に通知する。光スイッチ部48は、通知に基づいて光パスの分岐波長を解放する。ステップ23では、解放する光パスの分岐波長に係わる使用状態(drop)とOIDを消去することによって光パス制御テーブル58を更新する。ステップ24では、制御IDに解放確認を記載することで光パス情報を更新し、光パス情報を包含するIPパケットのSrcIPに自ノードのNIP、DstIPに経路情報から読み込んだ始点ノード方向に隣接するノードのNIPを記載し、更新した光パス情報を隣接するノードへ転送する。

【0091】

なお、ステップ20では、該当する波長に関して、光パス制御テーブル58の使用状態またはOIDに複数の記載がある場合に波長が共有されていると判断すればよい。従って、OID1の予備光パスに関しては、図20に示した終点ノードであるノードBの光パス制御テーブル58において、受信側波長 λ_1 の使用状態とOIDに複数の記載がないため、この波長は共有されていないと判断される。また、ステップ21は波長が共有されている場合の処理であって、該当する波長に関して光パス情報に記載されたOIDと一致しない使用状態を光スイッチ部48に割当てればよい。また、ステップ23において、該当する波長が共有されている場合は、使用状態(drop)と光パス情報に記載されたOIDの値のみを光パス制御テーブル58から消去すればよい。

【0092】

制御IDに解放確認が記載された光パス情報を受け取った光パス制御部54は経路情報を参照し、図23のステップ25において、中継ノードに該当するか判断する。中継ノードに該当すると判断した場合は、ステップ26において、ステ

ップ 2 0 と同様の処理によって波長が共有されているか判断する。波長が共有されていると判断した場合は、ステップ 2 7 において、光パス制御テーブル 5 8 に記載されている使用状態に従って該当する波長を挿入波長、分岐波長または変換波長に割当てるように通信インタフェースを介して光スイッチ部 4 8 に通知する。光スイッチ部 4 8 は、通知に基づいて光パスの挿入波長、分岐波長または変換波長を割当てる。波長が共有されていないと判断した場合は、ステップ 2 8 において該当する波長を光パスの変換波長から解放するように通信インタフェースを介して光スイッチ部 4 8 に通知する。光スイッチ部 4 8 は通知に基づいて光パスの波長変換を解放する。ステップ 2 9 では、解放する光パスの変換波長に係わる使用状態（「i n」および「o u t」）と O I D を消去することによって光パス制御テーブル 5 8 を更新する。

【 0 0 9 3 】

ステップ 3 0 では、光パス情報を包含する I P パケットの S r c I P に自ノードの N I P、D s t I P に経路情報から読み込んだ始点ノード方向に隣接するノードの N I P を記載して光パス情報を隣接するノードへ転送する。ステップ 2 5 において、中継ノードに該当しないと判断した場合は、ステップ 3 1 においてステップ 2 0 と同様の処理によって波長が共有されているか判断する。波長が共有されていると判断した場合は、ステップ 3 2 において、光パス制御テーブル 5 8 に記載されている使用状態に従って該当する波長を挿入波長または出力波長に割当てるように通信インタフェースを介して光スイッチ部 4 8 に通知する。光スイッチ部 4 8 は通知に基づいて、光パスの挿入波長または出力波長を割当てる。波長が共有されていないと判断した場合は、ステップ 3 3 において、該当する波長を光パスの挿入波長から解放するように通信インタフェースを介して光スイッチ部 4 8 に通知する。光スイッチ部 4 8 は、通知に基づいて光パスの挿入波長を解放する。ステップ 3 4 では、解放する光パスの挿入波長に係わる使用状態（a d d）と O I D を消去することによって光パス制御テーブル 5 8 を更新する。ステップ 3 5 では、光パス情報を包含する I P パケットの S r c I P に自ノードの N I P、D s t I P に光パス管理装置 1 0 の I P アドレスを記載し、N M S 2 へ光パス情報を転送する。

【 0 0 9 4 】

なお、ステップ 2 6 およびステップ 3 1 では、該当する波長に関して、光パス制御テーブル 5 8 の使用状態または O I D に複数の記載がある場合に波長が共有されていると判断すればよい。従って、O I D 1 の予備光パスに関しては、図 2 0 に示した中継ノードであるノード A の光パス制御テーブル 5 8 において、受信側波長 $\lambda 1$ の使用状態と O I D に複数の記載があるため、この波長が共有されていると判断される。送信側波長 $\lambda 1$ に関しては複数の記載がないため、この波長は共有されていないと判断される。また、中継ノードであるノード E に関しては、受信側波長 $\lambda 1$ および送信側波長 $\lambda 1$ の O I D に複数の記載があるため、この波長は共有されていると判断される。また、ステップ 2 7 およびステップ 3 2 は、波長が共有されている場合の処理であって、該当する波長に関して光パス情報に記載された O I D と一致しない使用状態を光スイッチ部 4 8 に割当てればよい。従って、中継ノードであるノード A では、受信側波長 $\lambda 1$ を分岐波長として光スイッチ部 4 8 に割当てる。また、中継ノードであるノード E では、受信側波長 $\lambda 1$ を入力波長、送信側波長 $\lambda 1$ を出力波長として光スイッチ部 4 8 に割当てる。但し、ノード E に関しては、該当する波長の使用状態に変更がないため、この処理を省略してもよい。また、ステップ 2 9 において、該当する波長が共有されている場合は、使用状態（「in」または「out」）と光パス情報に記載された O I D の値のみを光パス制御テーブル 5 8 から消去すればよい。又、ステップ 3 4 において、該当する波長が共有されている場合は、使用状態（add）と光パス情報に記載された O I D の値のみを光パス制御テーブル 5 8 から消去すればよい。

【 0 0 9 5 】

制御 I D に解放確認が記載された光パス情報を受け取った光パス管理部 2 0 は、O I D や経路情報に基づいて、構成管理テーブル 2 2 に含まれる WDM 伝送装置が所有する未使用の波長数を更新するとともに、ノード間から解放した光パスの情報を光パス管理テーブル 2 4 から消去する。必要な場合は、光パスの解放を完了した旨を要求元へ通知する。

【 0 0 9 6 】

なお、以上の説明では、共有された予備光パスを解放する場合の動作について示したが、図 2 2 および図 2 3 に示したフローチャートに従うことにより、現用光パスおよび共有されていない予備光パスを解放する場合についても実施できることは明らかである。

【 0 0 9 7 】

なお、以上の説明では、右回りの光パスを解放する場合について示したが、左回りの光パスを解放する場合についても同様に実施できることは明らかである。

【 0 0 9 8 】

また、以上の説明では、図 2 3 のフローチャートにおいて、光パスの挿入波長および変換波長を光スイッチ部 4 8 から解放するようにしたが、図 2 2 のステップ 1 7 において、始点ノードに該当すると判断された後にステップ 3 1 乃至ステップ 3 4 と同様の処理を行うようにしたり、図 2 2 のステップ 1 8 において中継ノードに該当すると判断された後にステップ 2 6 乃至ステップ 2 9 と同様の処理を行うようにしてもよい。この場合、光パスの中継ノードおよび始点ノードは、制御 I D に解放確認が記載された光パス情報と図 2 3 のステップ 3 0 またはステップ 3 5 に従って転送する処理のみを行えばよい。

【 0 0 9 9 】

また、図 2 2 および図 2 3 に示したフローチャートは動作の一例であって、例えば、複数のステップを統合したり、本発明の要旨を逸脱しない範囲でフローチャートの構成を種々変形して実施してもよい。

【 0 1 0 0 】

なお、以上の説明において、ノードで光パスを解放する際に何らかの原因で波長を解放できなかった場合は、光パス情報の制御 I D に解放不可を記載して隣接するノード間で転送した後、ノードから NMS 2 へ光パス情報を転送するようにし、NMS 2 から要求元へ光パスの解放に失敗した旨を通知するようにしてもよい。

【 0 1 0 1 】

なお、本発明の実施形態においては、始点ノードを起点として光パスを設定する例について示したが、特願 2 0 0 0 - 3 9 5 2 9 9 に記載された方法を用いる

ことにより、終点ノードを起点として光パスを設定したり、中継ノードを起点として光パスを設定したり、始点ノードおよび終点ノードを起点として光パスを設定することもできる。この場合、光パスの割当てに関しては、図 1 5 乃至図 1 9、光パスの解放に関しては、図 2 2 乃至図 2 3 に示したフローチャートをそれぞれの方法に合わせて適宜変更すればよく、ノード間に光パスを設定する方法は種々変形して実施することができる。

【 0 1 0 2 】

なお、本発明の実施形態においては、予備光パスを設定する際に光スイッチ部 4 8 の設定も行うようにしたが、予備光パスの構成を光パス制御テーブル 5 8 に記載する処理のみを行い、光パスの設定時には光スイッチ部 4 8 の設定を行わないようにしてもよい。この場合は、第 2 の実施形態で述べる障害回復動作において、光パス制御テーブル 5 8 に基づいて予備光パスに係わる光スイッチ部 4 8 の設定を行うようにすればよい。

【 0 1 0 3 】

図 2 5 は、光波長多重リングシステムを構成する 2 ノード間に、本発明に基づいて動的に光パスを割当てた場合のブロッキング（波長が不足し光パスの割当てが不可能になる）確率を計算機シミュレーションで求めた結果である。同図において、ブロッキング確率 0.0 は、パスを張る成功率が 1 0 0 % であることを示しており、ブロッキング確率 1.0 は、パスを張る際に失敗する確率が 1 0 0 % であることを示している。シミュレーションでは、片方向（右回りまたは左回り）リングの波長数を 6 4 とし、現用光パスを設定するノード間を一様分布に従ってランダムに定め、最短経路で現用光パスを割当てるようにした。シミュレーション結果から、予備光パスを共有しない従来方式で収容が可能な光パス（6 4 本）に比べて、本方式では、ブロッキングが発生する迄により多くの光パス（7 8 本）を収容できることがわかる。また、5 ノードの場合には最大で約 1. 7 倍程度、7 ノードの場合には最大で約 1. 8 倍程度光パスの収容効率が向上する可能性が有ることがわかる。従って、予備光パスを経路が重複しない複数の現用光パスで共有する本発明によって、従来方式に比べて光パスの収容効率を高めることが可能であるといえる。また、5 ノードの場合と比較して、7 ノードの場合は光パス

の収容効率がより向上していることがわかる。従って、ノード数が増加してシステムが大規模化した場合に、光パスの収容効率をより高めることが可能となり、本発明によって経済的な光波長リング網システムを実現できると言える。

【 0 1 0 4 】

図 2 6 は、7 ノードの光波長リング網システムにおいて、片方向（右回りまたは左回り）リングの波長数を変化させた同様の計算機シミュレーションにより、ブロッキングが発生する迄に収容できた光パス数を求めた結果である。シミュレーション結果から、波長数の増加に伴って光パスの収容効率が向上していることがわかる。従って、波長数が増加してシステムが大規模化した場合に、光パスの収容効率をより高めることが可能となり、本発明によって経済的な光波長リング網システムを実現できると言える。

【 0 1 0 5 】

（第 2 実施形態）

以下、本発明による装置の他の実施形態を説明する。他の実施形態の説明において第 1 の実施形態と同一部分は同一参照数字を付してその詳細な説明は省略する。

【 0 1 0 6 】

本発明に係わる第 2 の実施形態では、ノード間を接続する光伝送路が破断したり、ノードの故障等によって通信障害が発生した場合に、ノード間に割当てられた予備光パスを用いて障害を回復する動作について説明する。

【 0 1 0 7 】

図 2 7 は、図 8 に示した設定要求 1 乃至設定要求 3 によってノード間に光パスが割当て済みの場合に、ノード C とノード D の間を接続する右回りの光ファイバが破断したことを想定した例であり、障害が発生した部分の光ファイバを破線で示している。ノードは障害の発生によって光信号の受信に障害が生じると L O P S (Loss of Optical Path Signal) を検出する。従って、図 2 7 に示した例では、ノード D が O I D 1 の現用光パス、ノード E が O I D 2 の現用光パスに係わる L O P S を検出する。以下では、O I D 1 の光パスに関して障害を回復する動作を詳細に説明する。

【 0 1 0 8 】

図 2 8 は、障害が発生した場合に、光波長多重リング網システムにおいて実行される障害回復の動作を示すフローチャートの例である。図 2 9 は、O I D 1 の光パスに関して障害を回復する動作を示した例であり、正常時には、双方向に割当てられた現用光パスによってノード B 及びノード D 間で光信号が授受されていることを示している。ノード C およびノード D との間を接続する右回りの光ファイバが破断した場合、ノード D の WDM 伝送部 4 6 は、ステップ 3 6 において L O P S を検出し、該当する波長の情報を含めて光パス制御部 5 4 に L O P S を渡す（図 2 9 ①）。L O P S を受け取った光パス制御部 5 4 は光パス制御テーブル 5 8 を参照し、ステップ 3 7 において、該当する光パスで出力していた光信号を現用光パスと予備光パスの双方に出力するように光スイッチ部 4 8 を設定する（図 2 9 ②）。ステップ 3 8 では、障害が生じた光パスの始点ノードに向けて O P R D I (Optical Path Remote Defect Indication) を送出し（図 2 9 ③）、ステップ 3 9 では光信号の入力を予備光パスに切り替える（図 2 9 ④）。ノード D から O P R D I が送出されることにより、ノード B の WDM 伝送部 4 6 は、ステップ 4 0 において光パス制御テーブル 5 8 を参照し、現用光パスで O P R D I を検出したか判断する。この場合は、現用光パス（O I D 1）で O P R D I を検出したと判断するため、該当する波長の情報を含めて光パス制御部 5 4 に O P R D I を渡す（図 2 9 ⑤）。O P R D I を受け取った光パス制御部 5 4 は、光パス制御テーブル 5 8 を参照し、ステップ 3 7 乃至ステップ 4 0 と同様の処理を行う（図 2 9 ⑥～⑧）。以上の処理により、光波長多重リング網システムにおける光パスの障害回復動作が完了する。

【 0 1 0 9 】

なお、L O P S は、WDM 伝送部 4 6 において光信号のビット誤り率を監視することにより、ビット誤り率の劣化によって検出するようにしてもよい。また、O P R D I は、WDM 伝送部 4 6 において光信号を伝送するフレームのヘッダ部分に記載して送出するようにすればよい。また、ステップ 4 0 において O P R D I を検出した場合は、ステップ 3 8 における O P R D I を送出する処理を省略したり、ステップ 3 9 における光信号の入力を切り替える処理を省略して現用光パ

スを用いて光信号の入力を継続するようにしてもよい。

【0110】

なお、図28に示したフローチャートは動作の一例であって、例えば、複数のステップを統合したり、本発明の要旨を逸脱しない範囲でフローチャートの構成を種々変形して実施してもよい。例えば、ステップ37とステップ38を入れ替えて、障害が発生した光パスの始点ノードに向けてOPRDIを送出した後に、該当する光パスで出力していた光信号を現用光パスと予備光パスの双方に出力するように光スイッチ部48を設定するようにしてもよく、このような場合でも障害回復の動作を実施できることは明らかである。

【0111】

なお、障害発生部分の修復が完了した場合は、現用光パスを用いてノード間で光信号を授受するように正常時の状態に戻す処理を行うようにすればよい。また、以上の説明では、OID1の光パスに係わる障害回復の動作について述べたが、図28に示したフローチャートに従うことによってOID2の光パスに係わる障害回復も同様に実施できることは明らかである。

【0112】

以上の説明では、ノード間を接続する片方向の光ファイバが破断することにより障害が発生した場合について述べたが、ノード間を接続する双方向の光ファイバが破断した場合についても、図28に示したフローチャートに従うことによって同様に障害回復を行うことができる。以下では、ノードCとノードDとの間を接続する右回りおよび左回りの光ファイバが破断したことを想定した障害回復の動作を説明する。

【0113】

図30はノードCとノードDとの間を接続する双方向の光ファイバが破断した場合に、OID1の光パスに関して障害を回復する動作を示した例である。正常時は、図29に示した状態と同様に、双方向に割当てられた現用光パスによってノードBおよびノードD間で光信号が授受されている。光ファイバの破断により障害が発生した場合、ノードBおよびノードDのWDM伝送部46は、図28に示したフローチャートに従いステップ36においてLOPSを検出し、該当する

波長の情報を含めて光パス制御テーブル 5 8 に L O P S を渡す (図 3 0 ①)。L O P S を受け取った光パス制御部 5 4 は、上記と同様にステップ 3 7 乃至ステップ 3 9 の処理を行う (図 3 0 ②～④)。以上の処理により、光波長多重リング網システムにおける光パスの障害回復動作が完了する。

【 0 1 1 4 】

本発明に基づく光波長多重リング網システムの障害回復動作では、障害発生時に現用光パスから予備光パスへ切り換えを行う際に、光パスの終端ノード間でメッセージを通知する必要がなく、極めて単純な動作によって実施することができる。従って、従来の方式と比較して、予備光パスの経路に位置するノードにおいてメッセージの中継処理が不要となり、障害に無関係なノードで現用光パスから予備光パスへの切り換えに伴う処理が生じることはない。そのため、障害発生時の回復動作を高速に実施することが可能であって、ノード数や波長数の増加によってシステムが大規模化した場合でも、高信頼な光波長多重リング網システムを実現することができると言える。また、本発明は、経路が重複しない複数の現用光パスで予備光パスを共有するようにしている。従って、ノード間を接続する複数の区間で光ファイバが破断したり、複数のノードに障害が発生したような多重障害でない場合は、共有された予備光パスが同時に使用されることがないため障害を回復することが可能である。

【 0 1 1 5 】

なお、上述した実施の形態では、ファイバ数を 2 本として説明したが、本発明は上記実施形態に限定されず、少なくとも 2 本以上のファイバに対して適用可能である。

【 0 1 1 6 】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、経路が重複しない現用光パスで予備光パスを共有することを付加したことにより、予備光パスを形成するために必要な波長数を減らすことになるため、光パスの収容数を増やすことができる。

【 0 1 1 7 】

現用光パスをノード間に最短経路で割当てることにより、予備光パスの経路が

現用光パスに比べて長くなるから、予備光パスの共有度が高くなるため、光パスの収容数を増やすことができる。

【0 1 1 8】

また、現用光パスと予備光パスを双方向で割当てることにより、予備光パスの経路が現用光パスに比べて長くなるから、予備光パスの共有度が高くなるため、光パスの収容数を増やすことができる。

【0 1 1 9】

現用光パスに障害が発生した場合のノードの動作として、

1. 光信号を現用光パスと予備光パスの双方に出力する
2. 警報信号を送出する
3. 光信号の入力を予備光パスに切り替える

ことを付加し、警報信号を検出した場合のノードの動作として、

1. 光信号を現用光パスと予備光パスの双方に出力する
2. 光信号の入力を予備光パスに切り替える

ことを付加したことにより、障害が発生した場合に光パスの終端ノード間でメッセージを通知する必要がなく、極めて単純な動作によって障害を回復することができる。

【0 1 2 0】

また、光パス要求手段に予備光パスの共有の可否を求めるステップと、光パス設定手段に波長を共有して予備光パスを形成するステップとを付加したことにより、経路が重複しない現用光パスで予備光パスを共有することができるため、予備光パスの形成に必要な波長数を減らすことになるから、光パスの収容数を増やすことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係わる光波長多重リング網システムの構成を示す図である。

【図 2】

図 1 に示す光パス管理装置 1 0 の詳細を示すブロック図である。

【図 3】

構成管理テーブル 2 2 の例を示す図である。

【図 4】

光パス管理テーブル 2 4 の例を示す図である。

【図 5】

光パス共有テーブル 2 6 の例を示す図である。

【図 6】

図 1 に示す WDM 伝送装置の詳細を示すブロック図である。

【図 7】

図 1 に示す光パス制御装置 1 6 の詳細を示すブロック図である。

【図 8】

本発明に係わる光波長多重リング網システムにおいて、2 ノード間に現用光パスと予備光パスを割当てた例を示す図である。

【図 9】

光パスの割当てに係わるネットワーク管理装置の動作を示すフローチャートである。

【図 1 0】

図 9 のステップ 4 の詳細な動作を示すフローチャートである。

【図 1 1】

設定要求 1 乃至設定要求 3 に従って光パスを順次割当てた場合に、更新された光パス共有テーブル 2 6 の例を示す図である。

【図 1 2】

光パスの割当てをノードへ通知する際に用いる光パス情報のフォーマットの例を示す図である。

【図 1 3】

ネットワーク管理装置からノード B に渡される光パス情報の例を示す図である。

【図 1 4】

右回りのリングに係わる各ノードの光パス制御テーブル 5 8 について、設定要求 3 の予備光パスを割当てる直前の状態例を示す図である。

【図 1 5】

制御 I D に割当要求が記載された光パス情報を受け取った場合に、光パス制御部 5 4 において実施される動作を示すフローチャートである。

【図 1 6】

図 1 5 に示したステップ 7 の詳細な動作を示すフローチャートである。

【図 1 7】

図 1 5 に示したステップ 9 の詳細な動作を示すフローチャートである。

【図 1 8】

図 1 5 に示したステップ 1 0 の詳細な動作を示すフローチャートである。

【図 1 9】

制御 I D に割当確認が記載された光パス情報を受け取った場合に、光パス制御部 5 4 において実施される動作を示すフローチャートである。

【図 2 0】

右回りのリングに係わる各ノードの光パス制御テーブル 5 8 について、設定要求 3 の予備光パスを割当てた直後の状態を示す図である。

【図 2 1】

ネットワーク管理装置からノード B に渡される光パス情報の例を示す図である。

【図 2 2】

制御 I D に解放要求が記載された光パス情報を受け取った場合に、光パス制御部 5 4 において実施される動作を示すフローチャートである。

【図 2 3】

制御 I D に解放確認が記載された光パス情報を受け取った場合に、光パス制御部 5 4 において実施される動作を示すフローチャートである。

【図 2 4】

右回りのリングに係わる各ノードの光パス制御テーブル 5 8 について、設定要求 1 の予備光パスを解放した直後の状態を示す図である。

【図 2 5】

光波長多重リング網システムを構成する 2 ノード間に、本発明に基づいて動的

に光パスを割当てた場合のブロッキング確率を計算機シミュレーションで求めた結果を示す図である。

【図 2 6】

7 ノードの光波長多重リング網システムにおいて、片方向（右回りまたは左回り）リングの波長数を変化させた同様の計算機シミュレーションにより、ブロッキングが発生する迄に収容できた光パス数を求めた結果を示す図である。

【図 2 7】

ノード C およびノード D 間の右回りの光伝送路に障害が発生したことを示す模式図である。

【図 2 8】

光波長多重リング網システムにおいて実行される障害回復の動作を示すフローチャートである。

【図 2 9】

O I D 1 の光パスに関して障害を回復する動作を示した例を示す図である。

【図 3 0】

ノード C とノード D との間を接続する双方向の光ファイバが破断した場合に、O I D 1 の光パスに関して障害を回復する動作を示した例である。

【図 3 1】

従来の光波長多重リング網システムを示す図である。

【符号の説明】

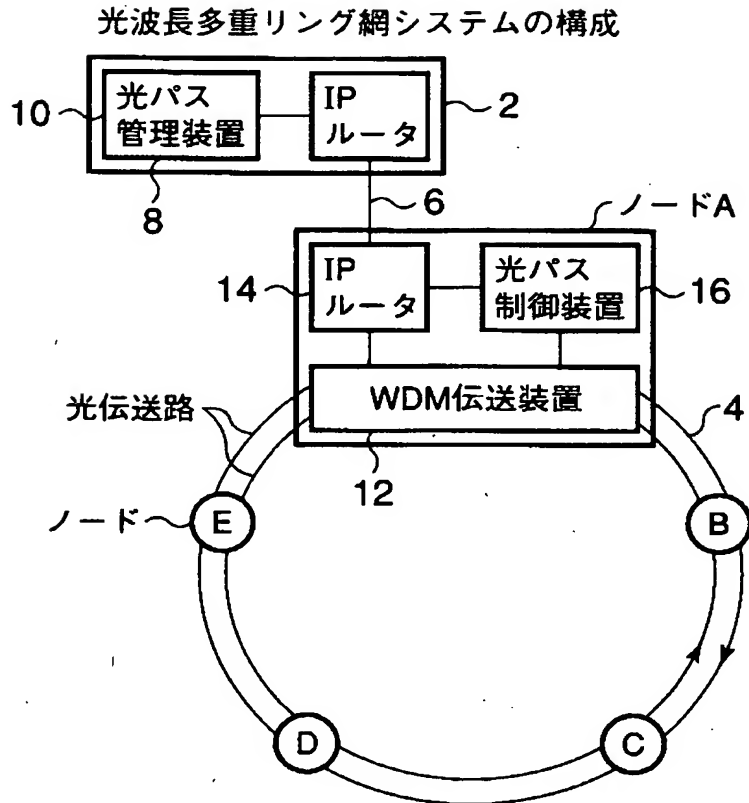
- A ～ E . . . ノード
- 2 . . . ネットワーク管理装置
- 4 . . . 光伝送路
- 6 . . . 伝送路
- 8 . . . I P ルータ
- 1 0 . . . 光パス管理装置
- 1 2 . . . W D M 伝送装置
- 1 4 . . . I P ルータ
- 1 6 . . . 光パス制御装置

- 1 8 . . . 通信インターフェース
- 2 0 . . . 光パス管理部
- 2 2 . . . 構成管理テーブル
- 2 4 . . . 光パス管理テーブル
- 2 6 . . . 光パス共有テーブル
- 2 8 . . . ノード識別子
- 3 0 . . . 光パス制御装置の I P アドレス
- 4 0 . . . N I D
- 4 2 . . . O I D
- 4 6 . . . WDM伝送部
- 4 8 . . . 光スイッチ部
- 5 0 . . . 通信インターフェース
- 5 2 . . . 通信インタフェース
- 5 6 . . . 構成情報テーブル
- 5 8 . . . 光パス制御テーブル
- 6 0 . . . 制御 I D
- 6 2 . . . O I D
- 6 4 . . . 経路情報
- 6 6 . . . 付加情報
- 6 8 . . . 始点 N I P
- 7 0 . . . 中継 N I P
- 7 2 . . . 終点 N I P

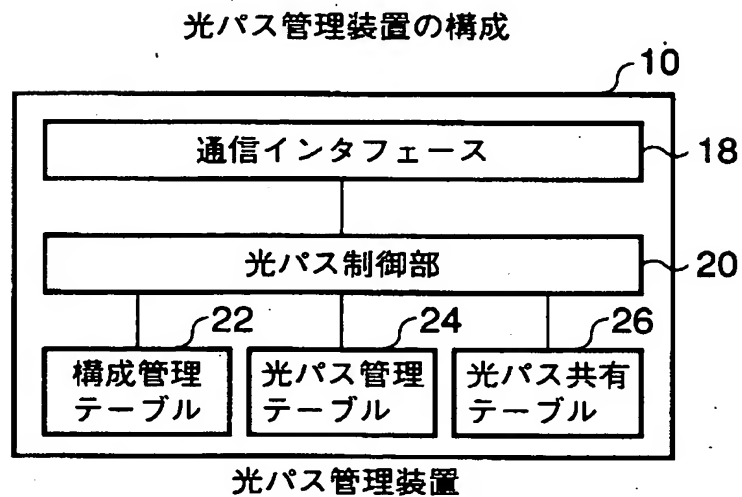
【書類名】

図面

【図 1】



【図 2】



【図 3】

構成管理テーブル

28	ノード識別子
30	光パス制御装置 のIPアドレス
32	ノード間の接続関係
34	WDM伝送装置が所有 する未使用の波長数

【図 4】

光パス管理テーブル

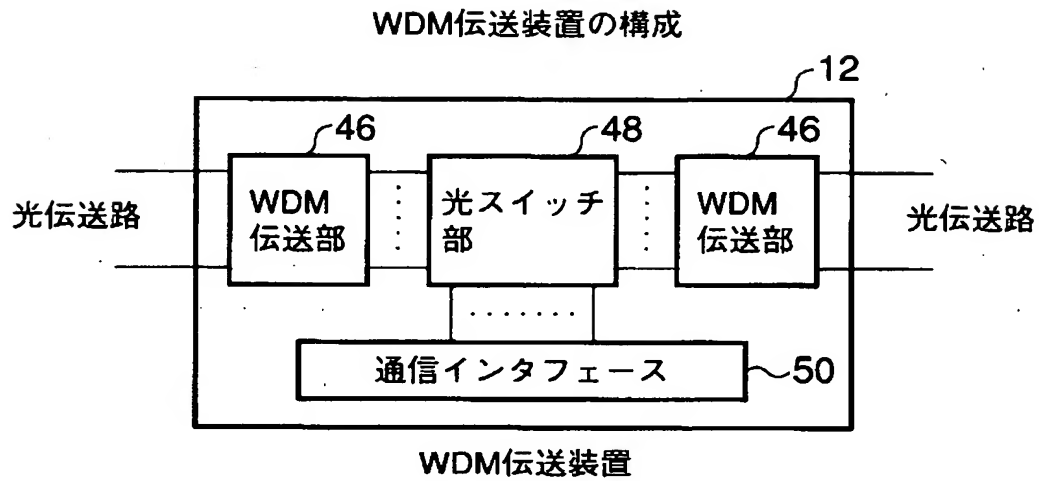
36 光パスの識別子	38 始点ノードから終点ノードに 至る光パスの経路上のNID
⋮	⋮

【図 5】

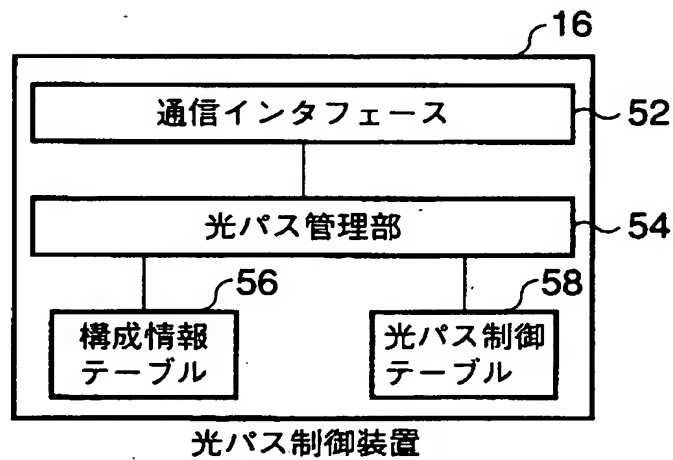
共有テーブル

40 NID	42 OID	44 予備光パスをグループ化した際の 識別子(GID)
⋮	⋮	⋮

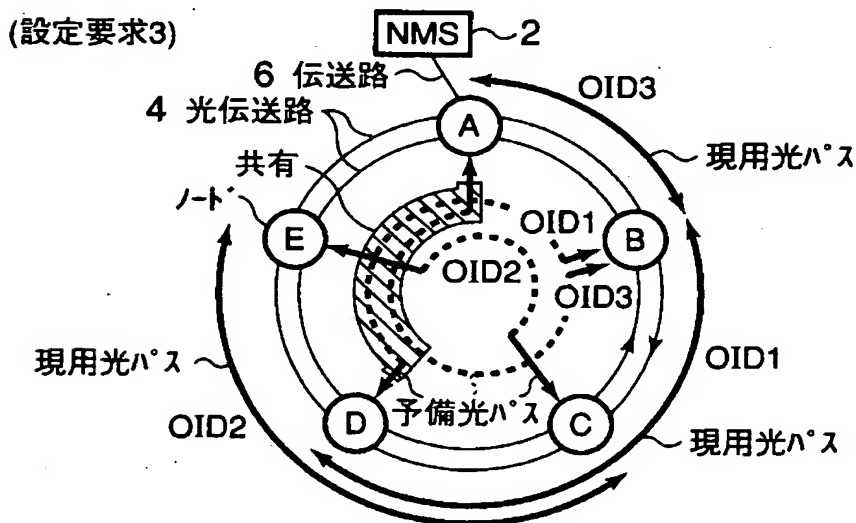
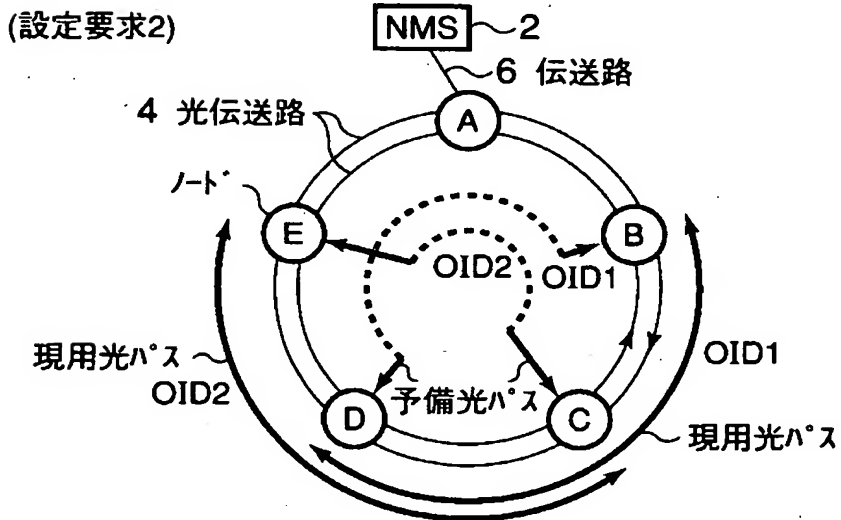
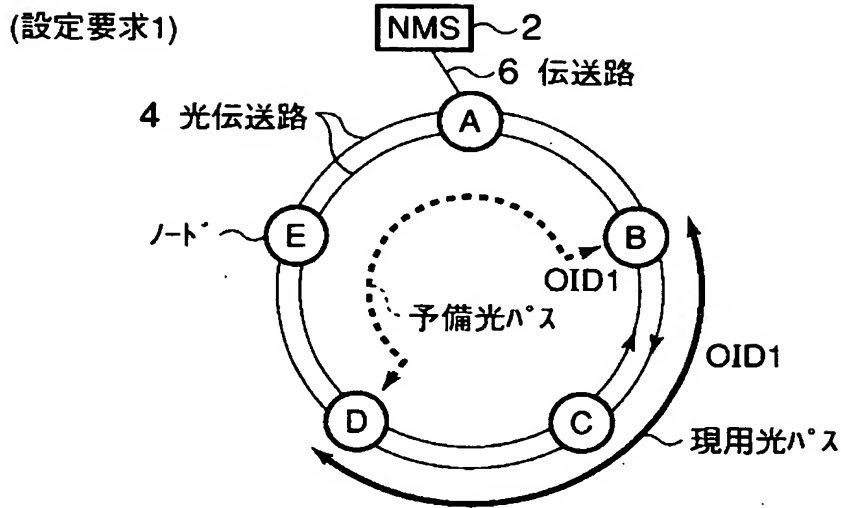
【図 6】



【図 7】

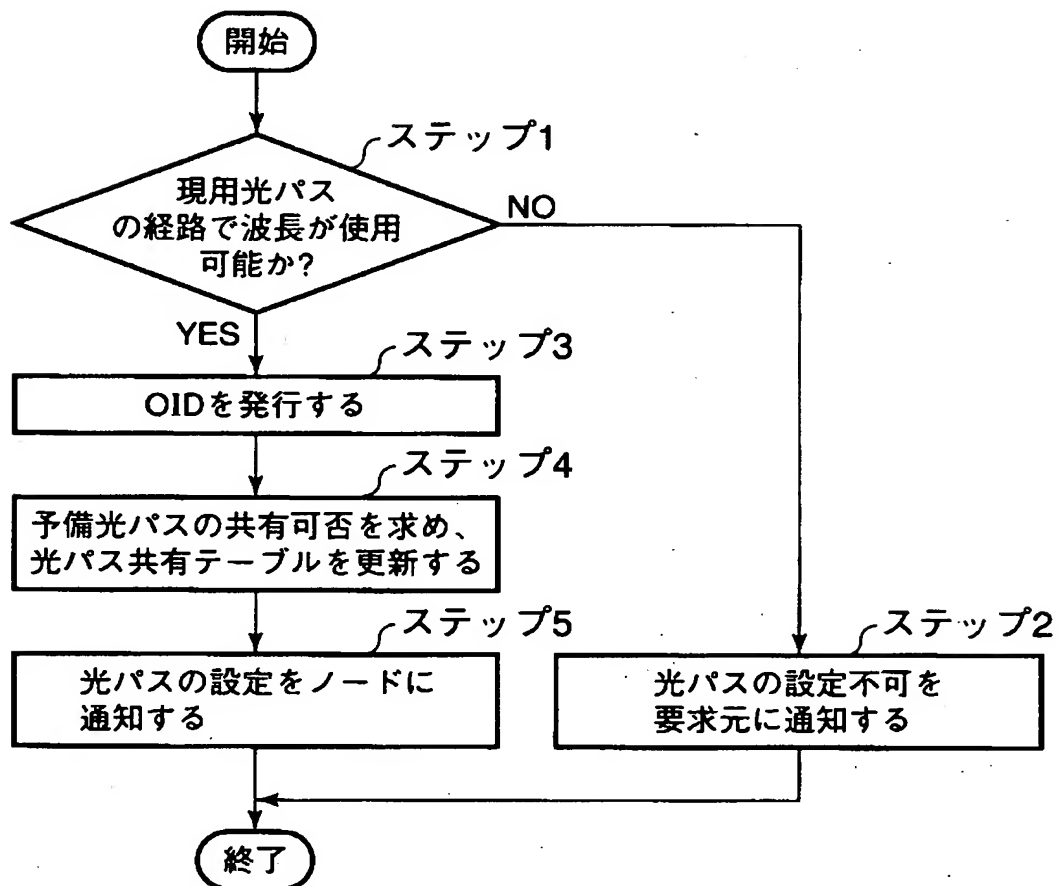


【図 8】



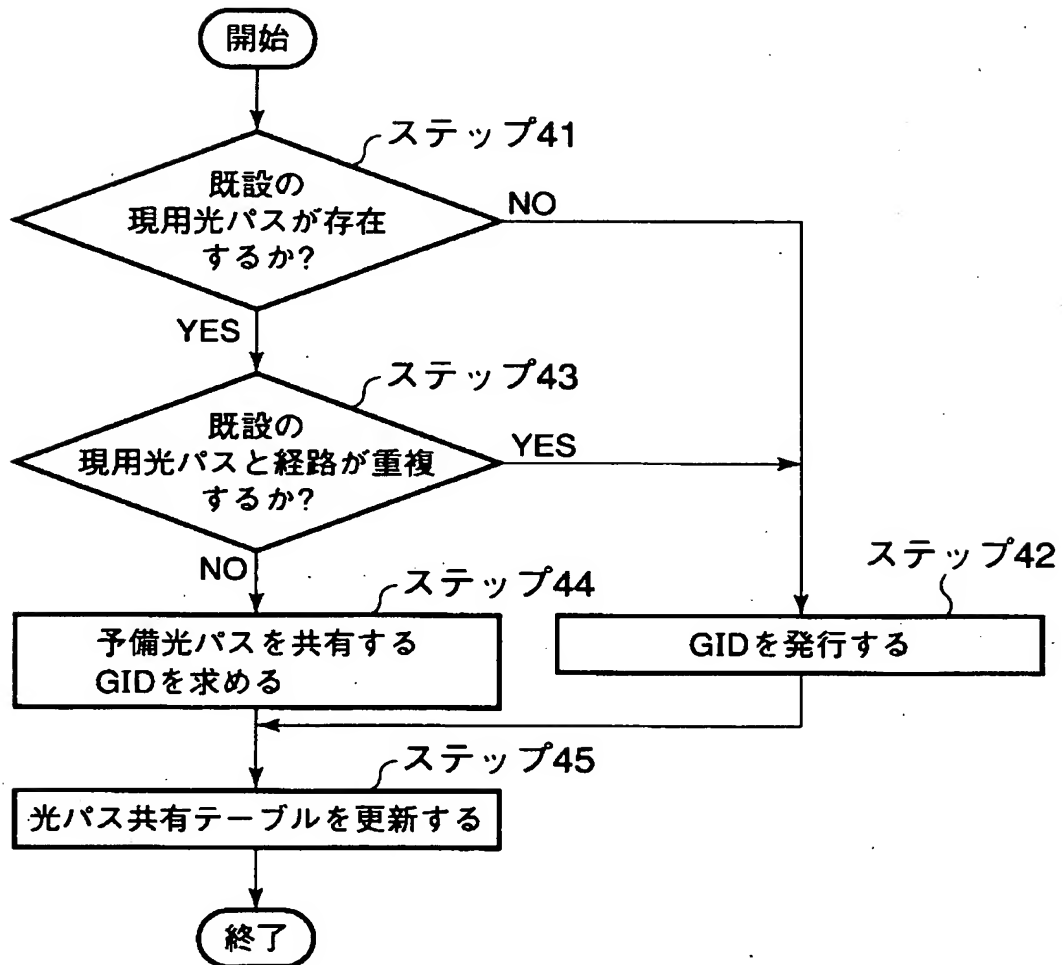
【図9】

光パスの割り当てに係るNMSの動作を示すフローチャート



【図10】

ステップ4の詳細な動作を示すフローチャート



【図 11】

光パス共有テーブル

(設定要求1)

GID \ NID	A	B	C	D	E
1		OID1	OID1		
2					
⋮					

(設定要求2)

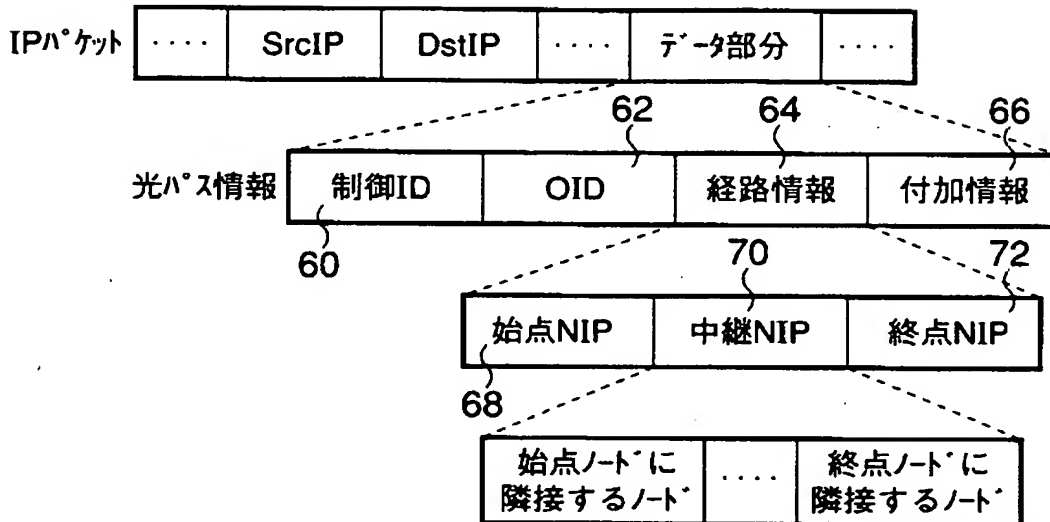
GID \ NID	A	B	C	D	E
1		OID1	OID1		
2			OID2	OID2	
⋮					

(設定要求3)

GID \ NID	A	B	C	D	E
1	OID3	OID1	OID1		
2			OID2	OID2	
⋮					

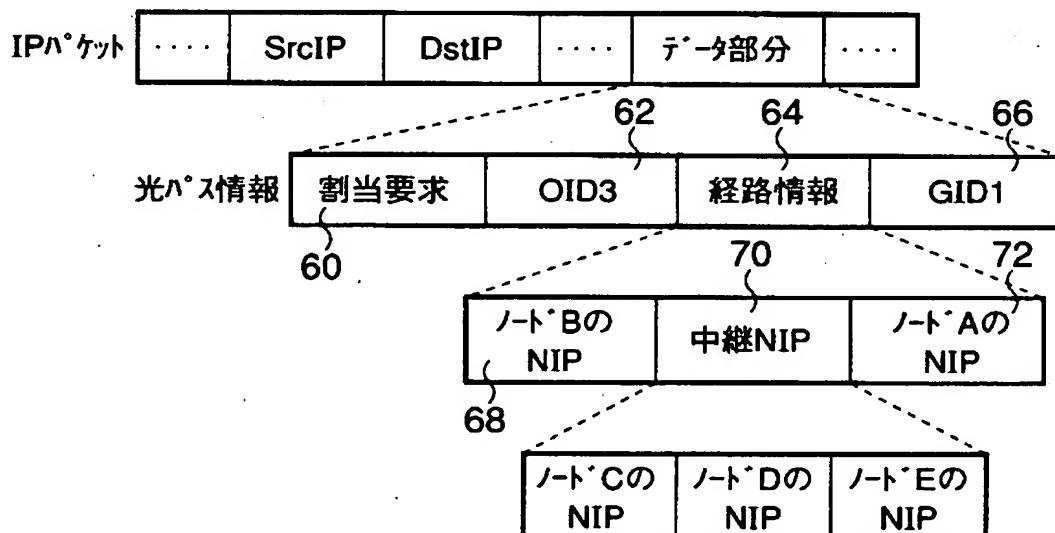
【図 12】

光パス情報のフォーマット



【図 13】

光パスの割り当てに係る光パス情報



【図 1 4】

光パス制御テーブル(OID3の予備光パスを割り当てる直前の状態)

ノードA

波長 λ	受信側			送信側		
	使用状態	OID	GID	使用状態	OID	GID
1	in	1	1	out	1	1
2	in	2	2	out	2	2
3				add	3	

ノードB

波長 λ	受信側			送信側		
	使用状態	OID	GID	使用状態	OID	GID
1	drop	1	1	add	1	
2	in	2	2	out	2	2
3	drop	3				

ノードC

波長 λ	受信側			送信側		
	使用状態	OID	GID	使用状態	OID	GID
1	in	1		out	1	
2	drop	2	2	add	2	
3						

ノードD

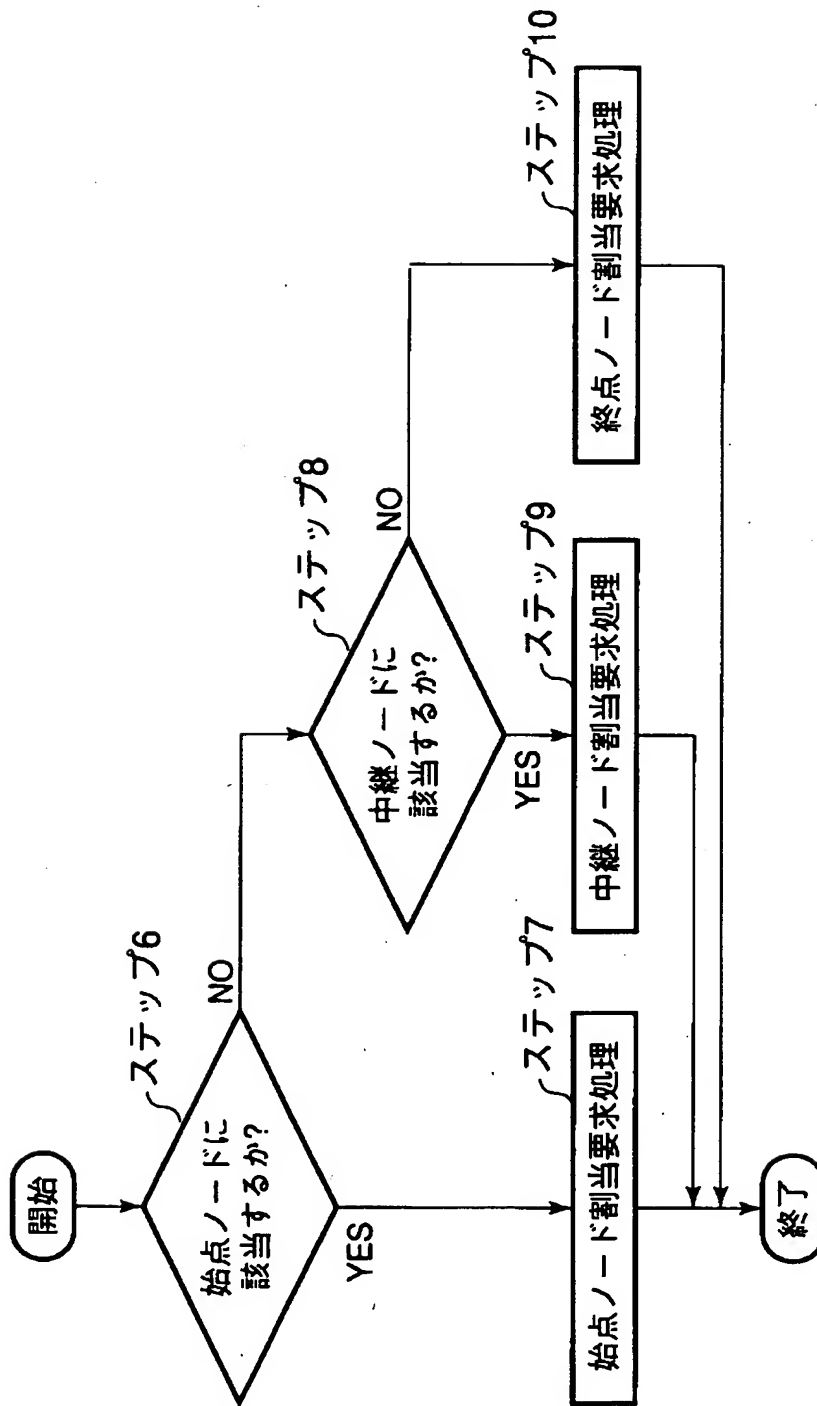
波長 λ	受信側			送信側		
	使用状態	OID	GID	使用状態	OID	GID
1	drop	1		add	1	1
2	in	2		out	2	
3						

ノードE

波長 λ	受信側			送信側		
	使用状態	OID	GID	使用状態	OID	GID
1	in	1	1	out	1	1
2	drop	2		add	2	2
3						

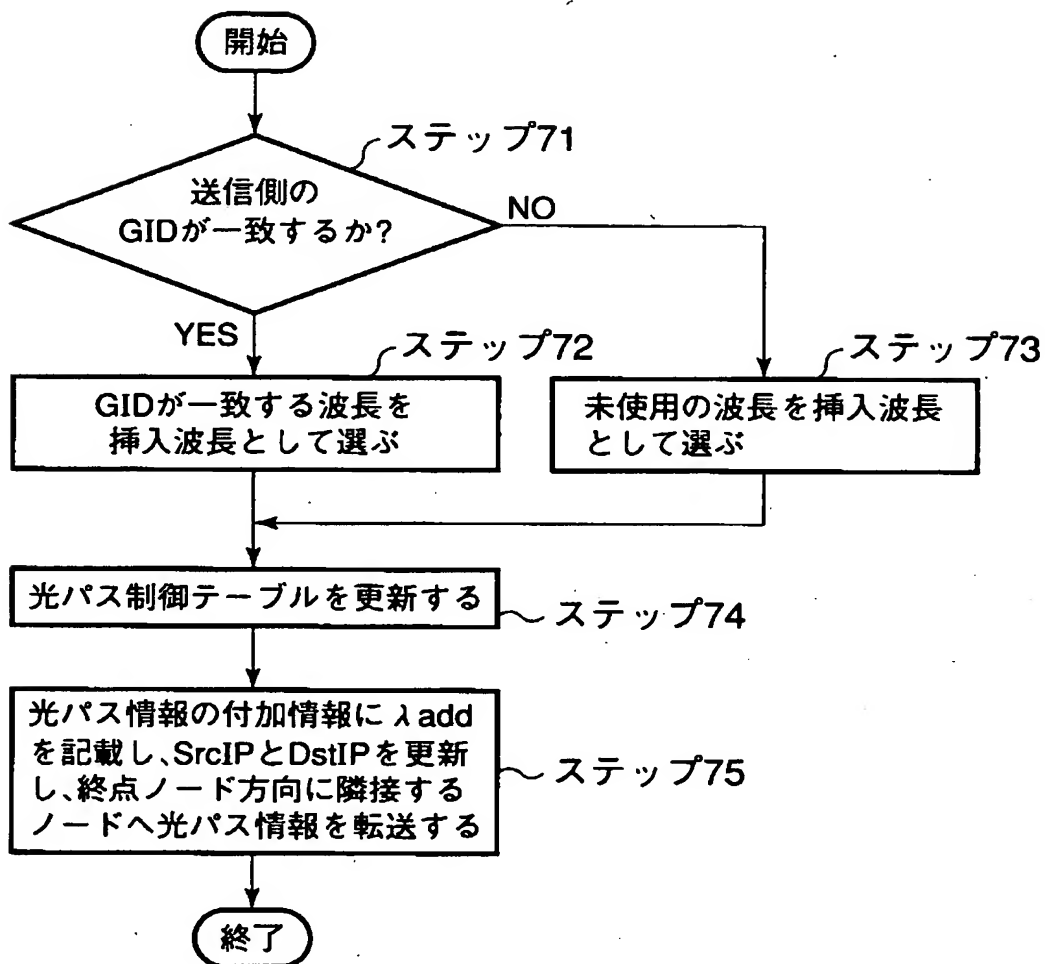
【図15】

光パスの制御装置の動作を示すフローチャート(割当要求を受け取った場合)



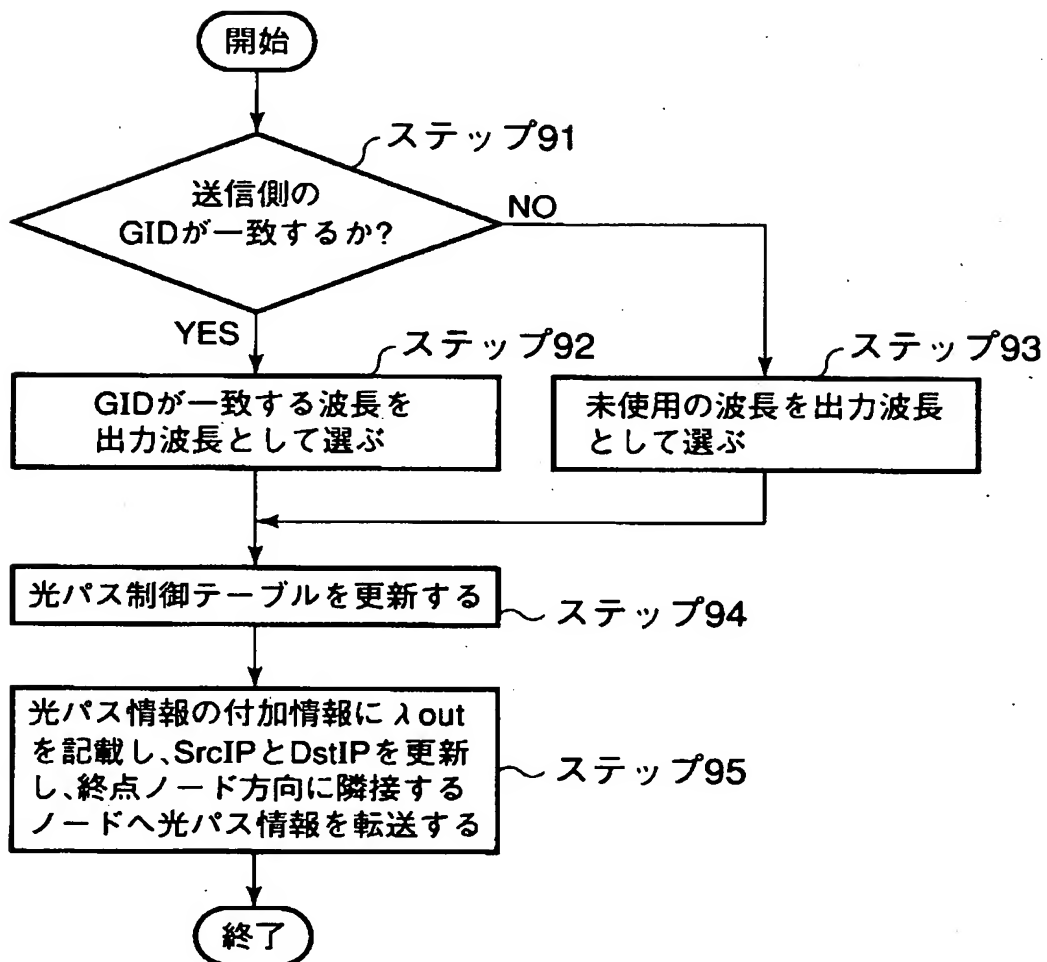
【図16】

ステップ7の詳細な動作を示すフローチャート



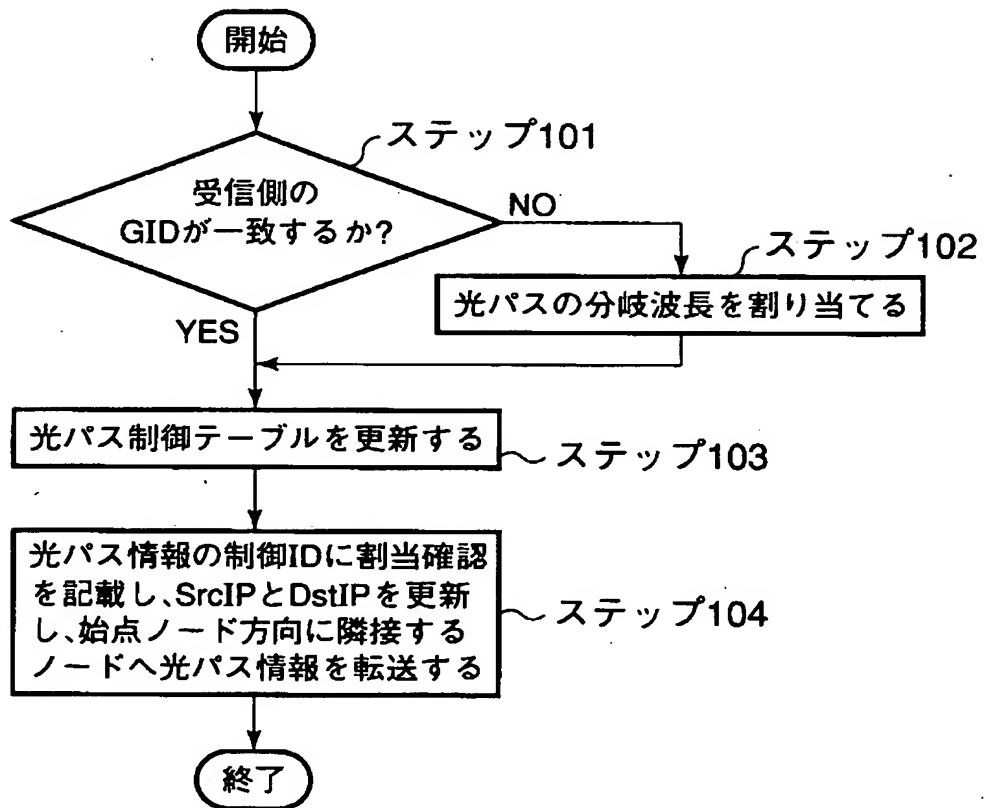
【図 17】

ステップ9の詳細な動作を示すフローチャート



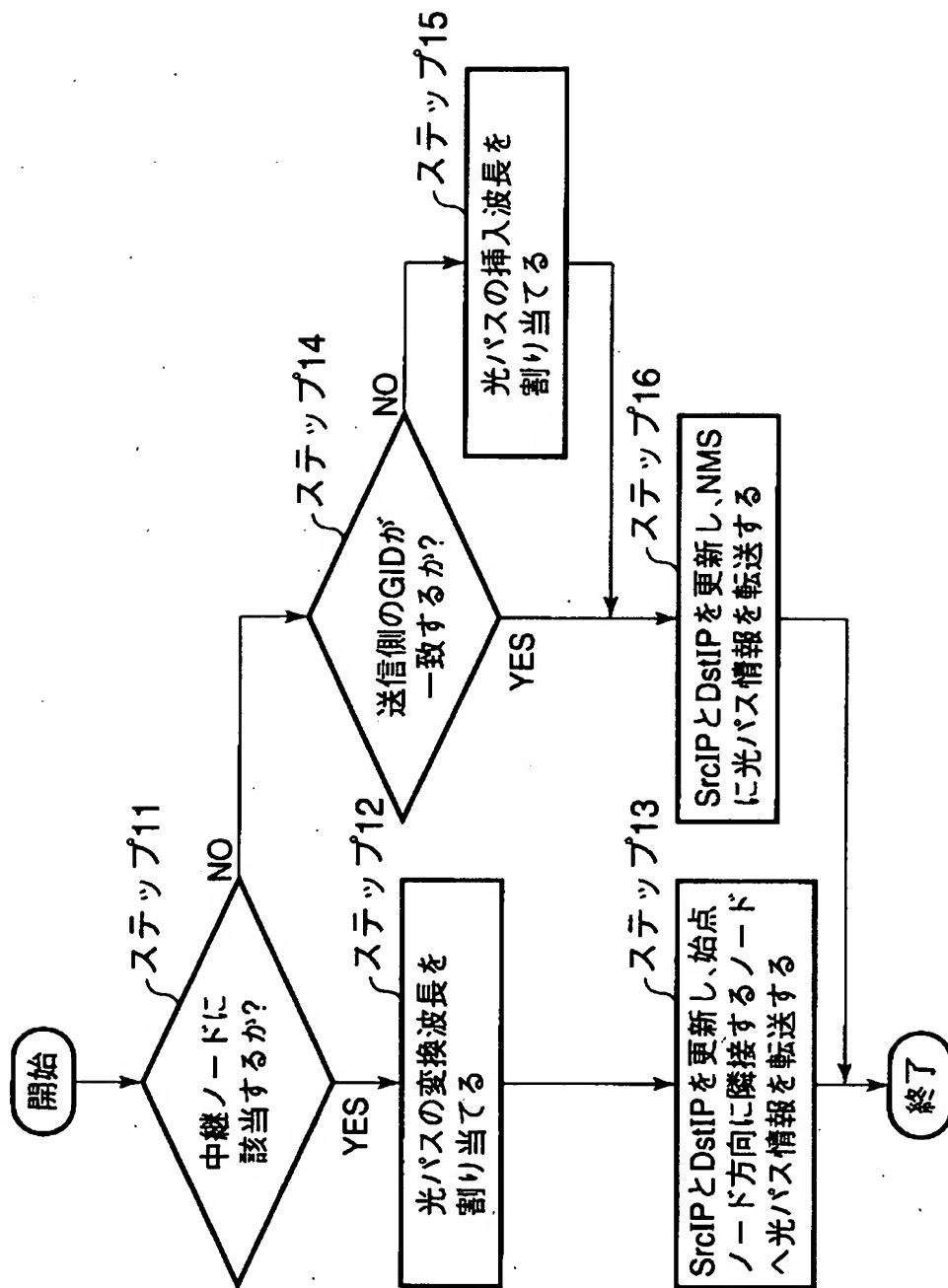
【図 1 8】

ステップ10の詳細な動作を示すフローチャート



【図19】

光パスの制御装置の動作を示すフローチャート(割当要求を受け取った場合)



【図 2 0】

光パス制御テーブル(OID3の予備光パスを割り当てる直後の状態)

ノードA

波長 λ	受信側			送信側		
	使用状態	OID	GID	使用状態	OID	GID
1	in	1	1	out	1	1
	drop	3				
2	in	2	2	out	2	2
3				add	3	

ノードB

波長 λ	受信側			送信側		
	使用状態	OID	GID	使用状態	OID	GID
1	drop	1	1	add	1	
2	in	2	2	out	2	2
3	drop	3		add	3	3

ノードC

波長 λ	受信側			送信側		
	使用状態	OID	GID	使用状態	OID	GID
1	in	1		out	1	
2	drop	2	2	add	2	
3	in	3	1	out	3	1

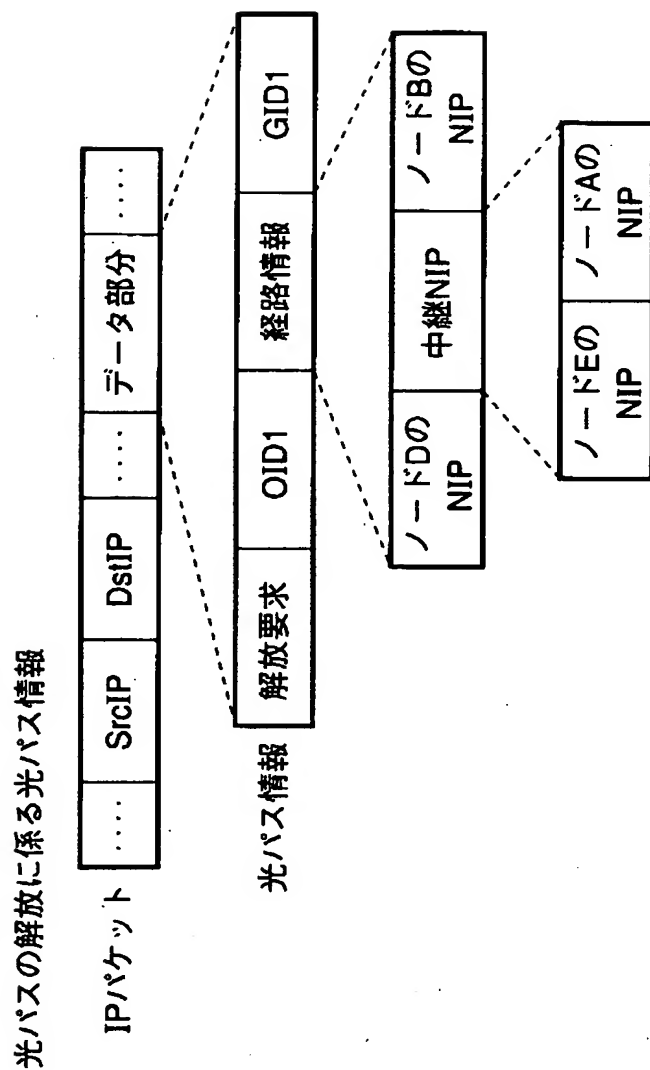
ノードD

波長 λ	受信側			送信側		
	使用状態	OID	GID	使用状態	OID	GID
1	drop	1		add	1	1
				out	3	
2	in	2		out	2	
3	in	3	1			

ノードE

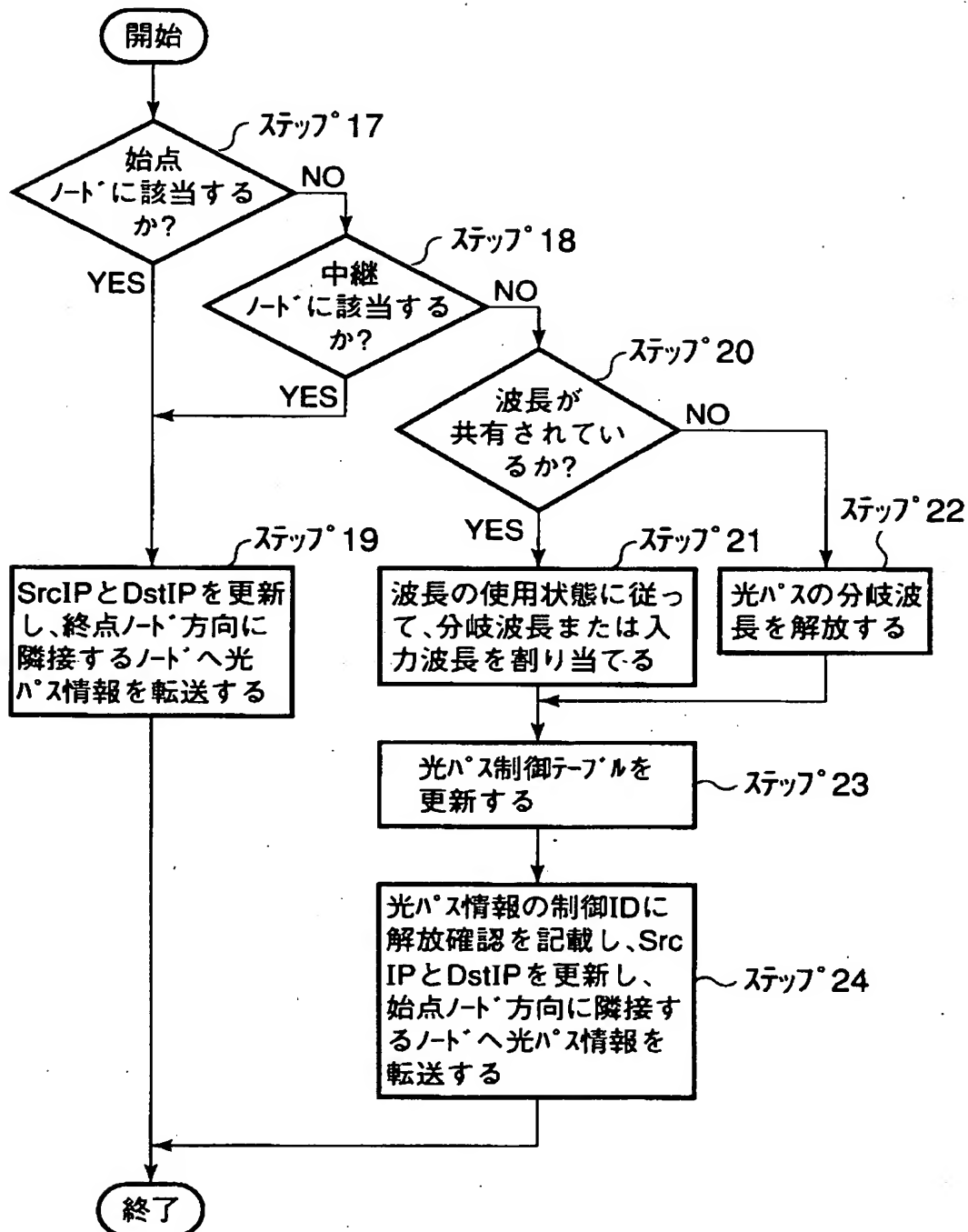
波長 λ	受信側			送信側		
	使用状態	OID	GID	使用状態	OID	GID
1	in	1	1	out	1	1
		3			3	
2	drop	2		add	2	2
3						

【図 2 1】



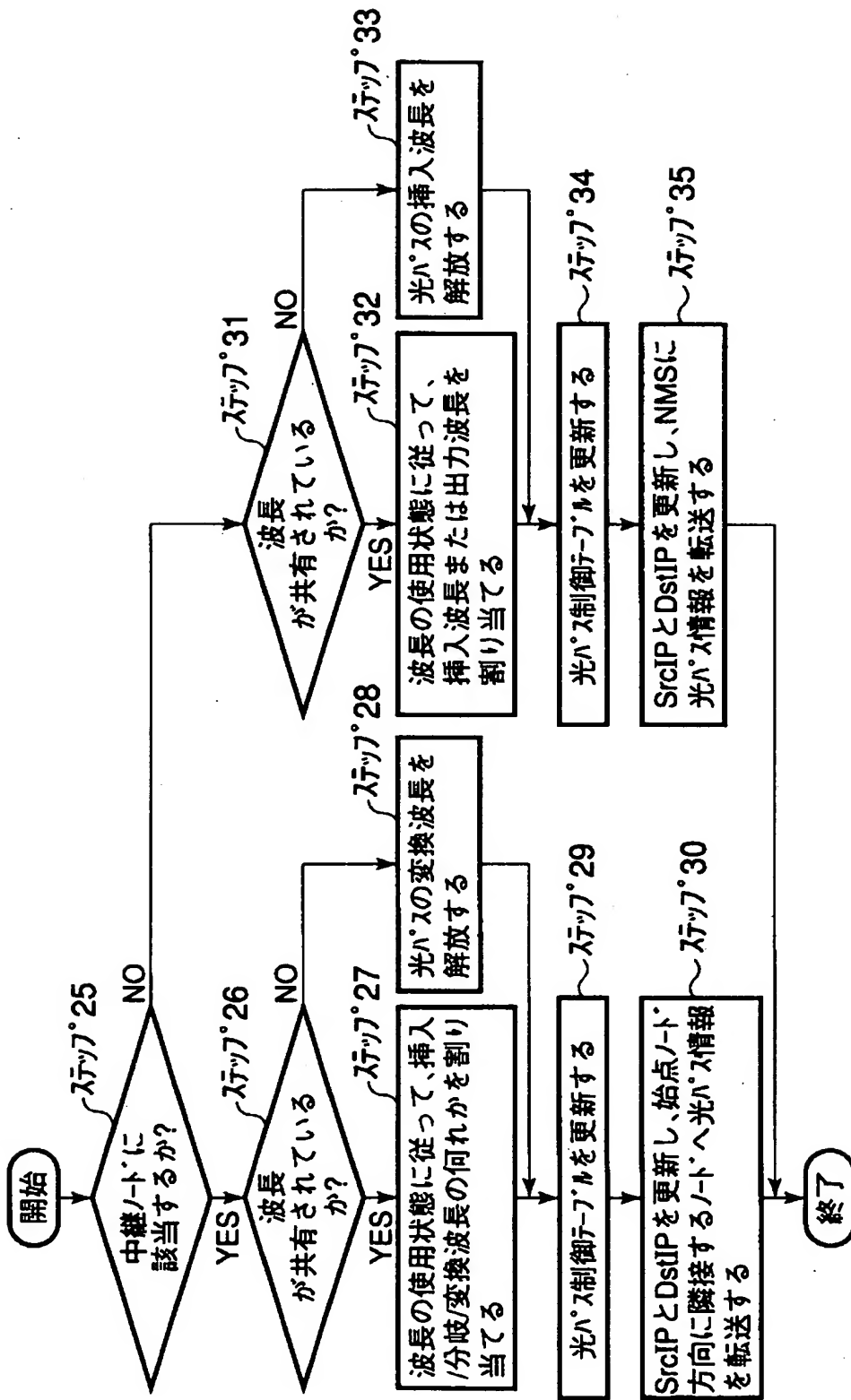
【図 2 2】

光パス制御装置の動作を示すフローチャート(解放要求を受け取った場合)



【図 2 3】

光パス制御装置の動作を示すフローチャート(解放確認を受け取った場合)



【図 2 4】

ノードA

波長 λ	受信側			送信側		
	使用状態	OID	GID	使用状態	OID	GID
1	drop	3	1			
2	in	2	2	out	2	2
3				add	3	

ノードB

波長 λ	受信側			送信側		
	使用状態	OID	GID	使用状態	OID	GID
1						
2	in	2	2	out	2	2
3	drop	3		add	3	1

ノードC

波長 λ	受信側			送信側		
	使用状態	OID	GID	使用状態	OID	GID
1						
2	drop	2	2	add	2	
3	in	3	1	out	3	1

ノードD

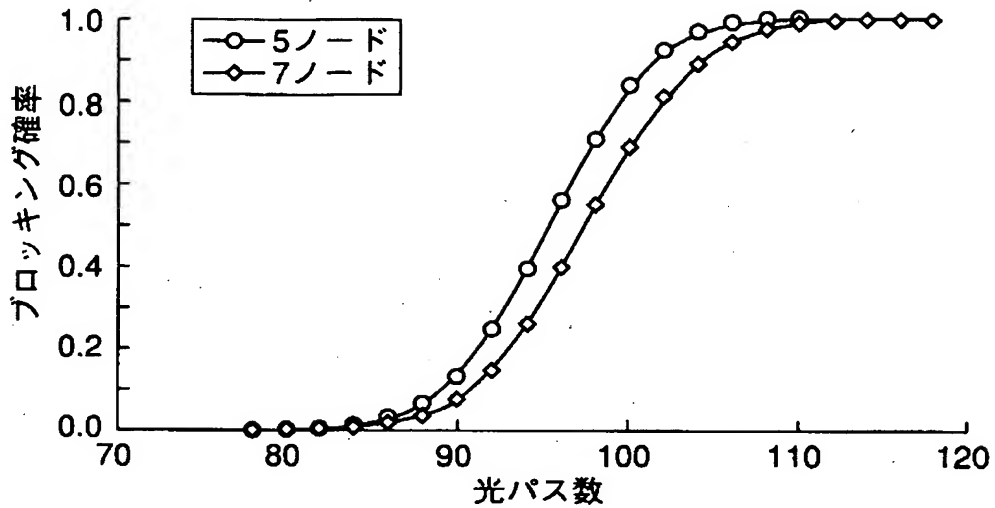
波長 λ	受信側			送信側		
	使用状態	OID	GID	使用状態	OID	GID
1				out	3	1
2	in	2		out	2	
3	in	3	1			

ノードE

波長 λ	受信側			送信側		
	使用状態	OID	GID	使用状態	OID	GID
1	in	3	1	out	3	1
2	drop	2		add	2	2
3						

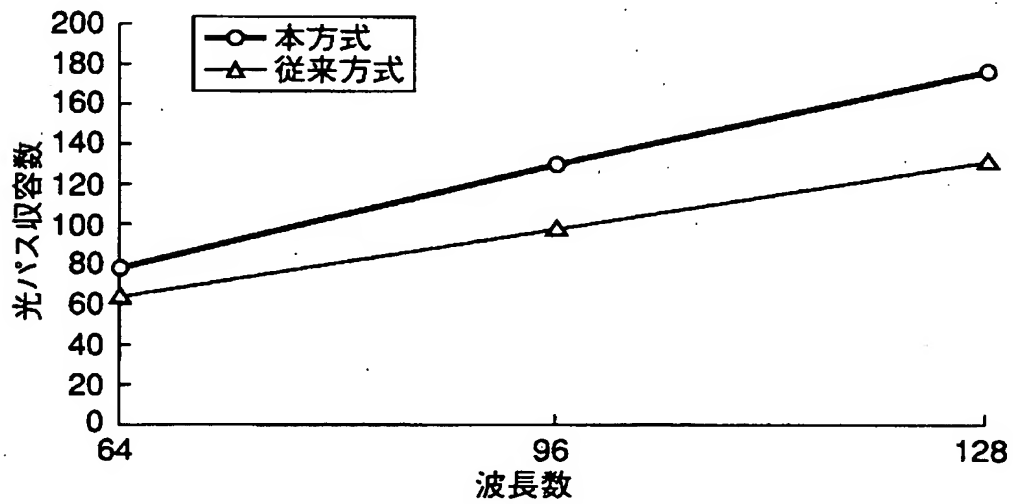
【図 25】

光パス設定のブロッキング確率



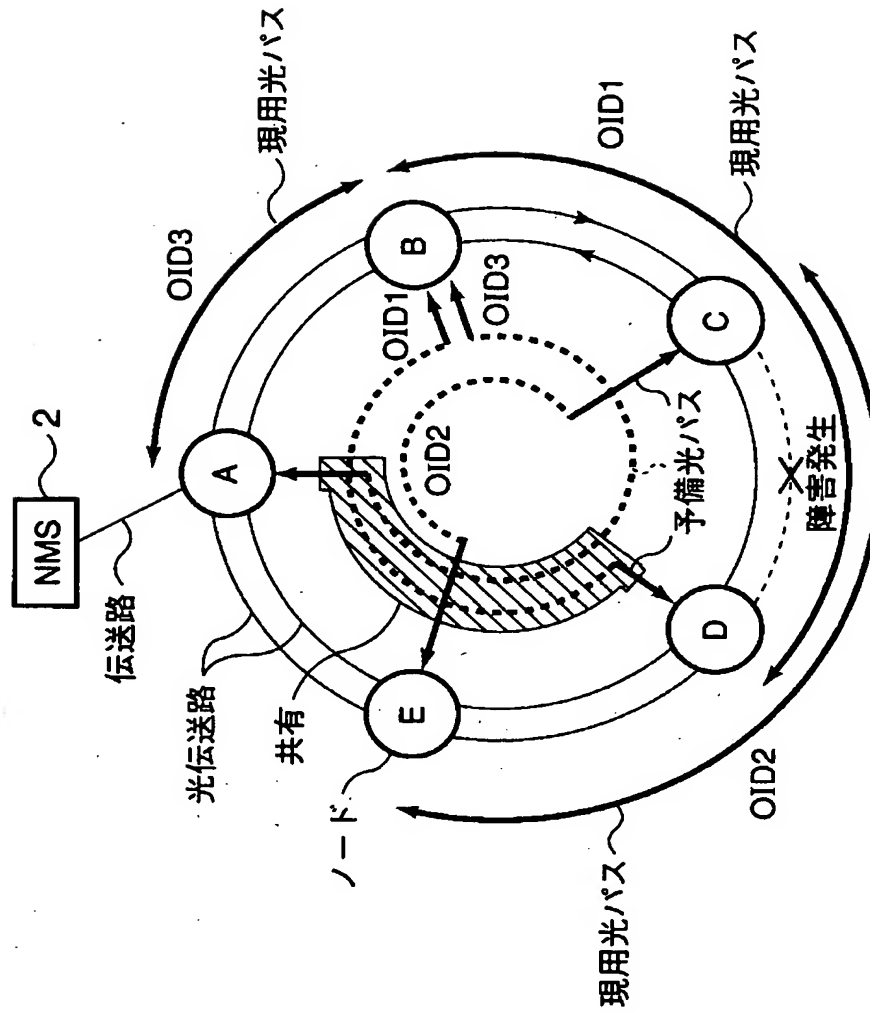
【図 26】

波長数を変えた場合の光パス収容数



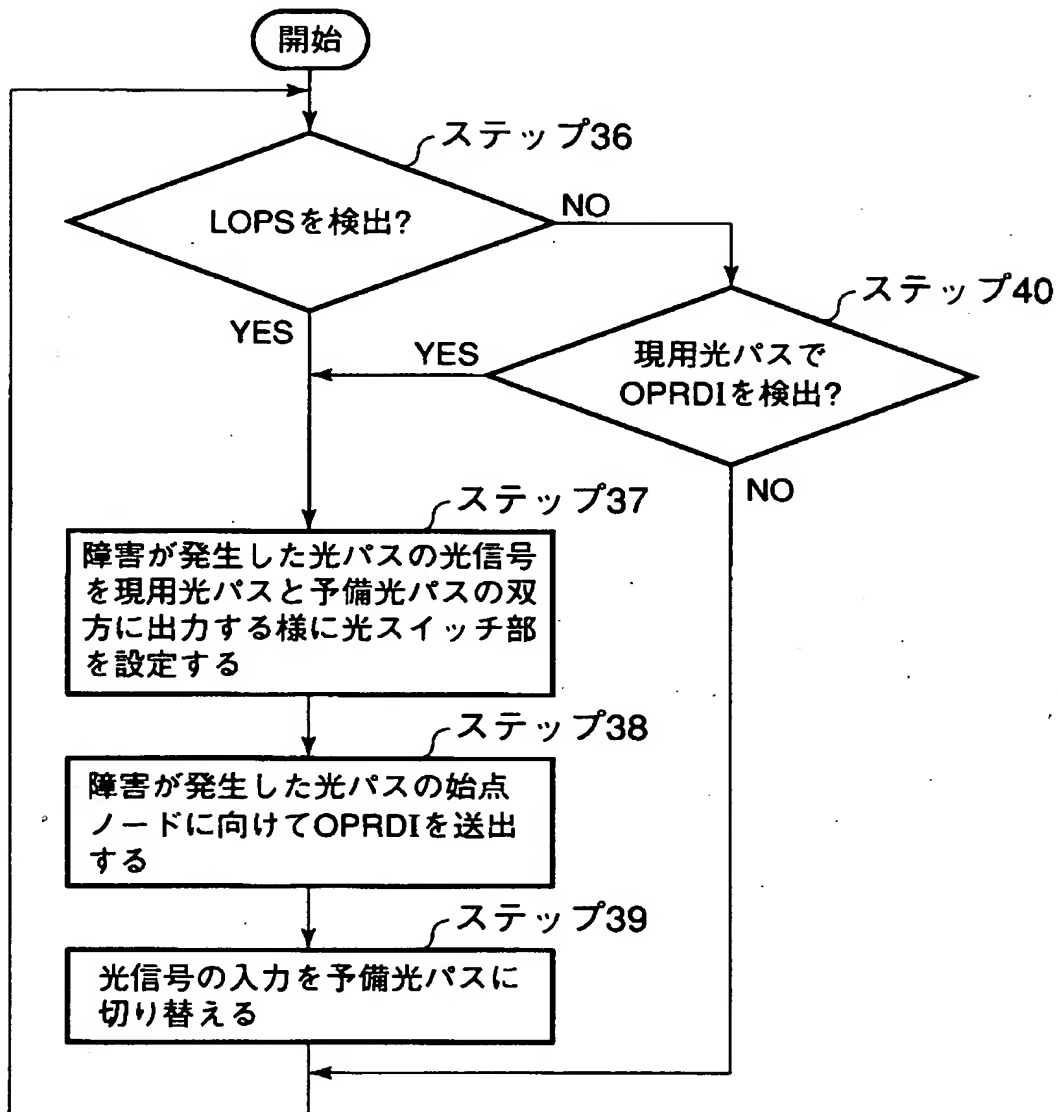
【図 27】

ノードCおよびノードD間の右回り光伝送路に障害が発生したことを示す模式図



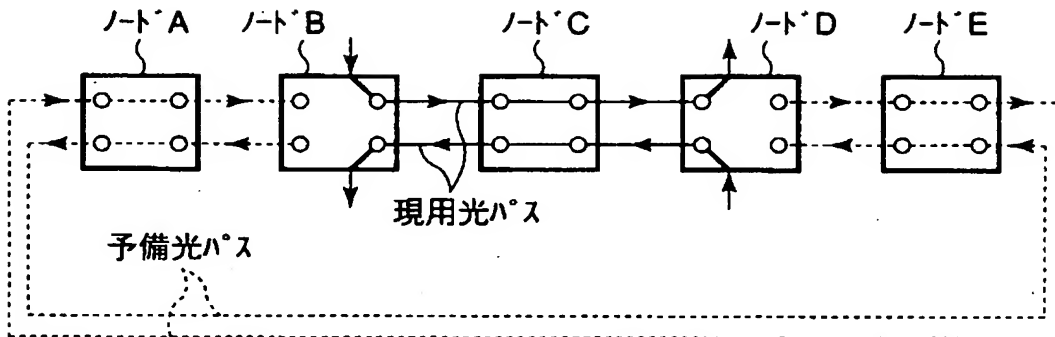
【図 2 8】

光波長多重リング網システムにおいて実行
される障害回復の動作を示すフローチャート

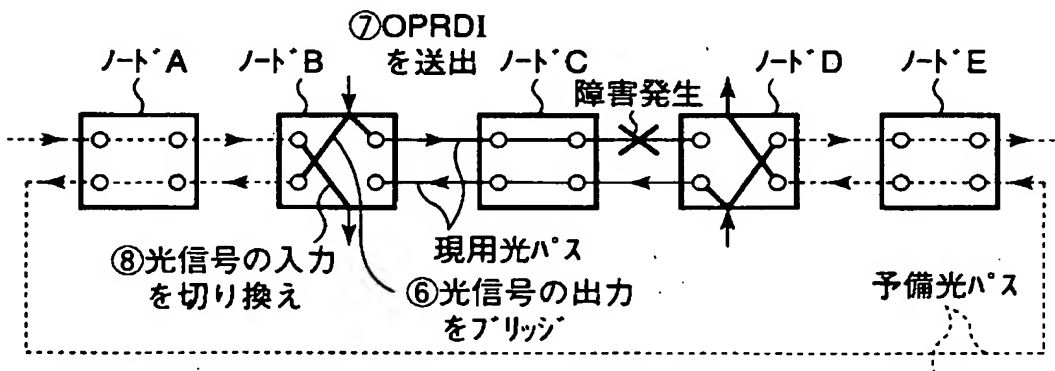
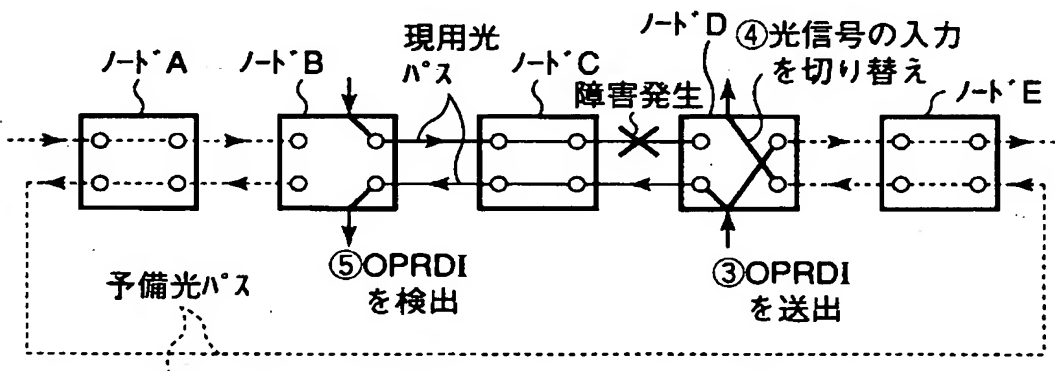
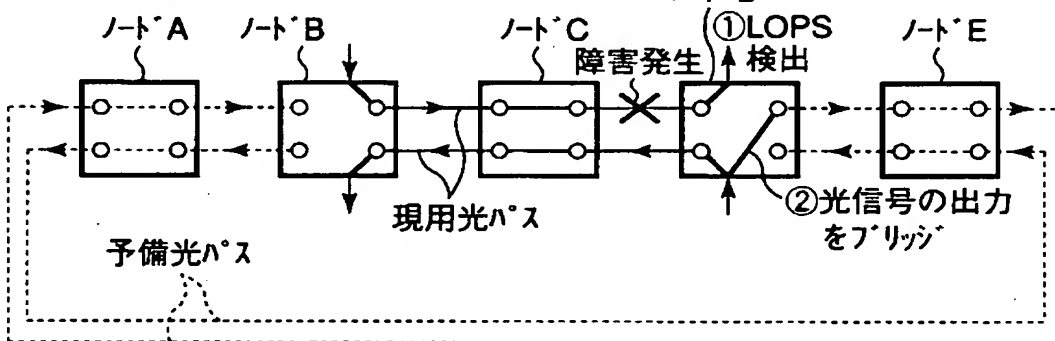


【図 29】

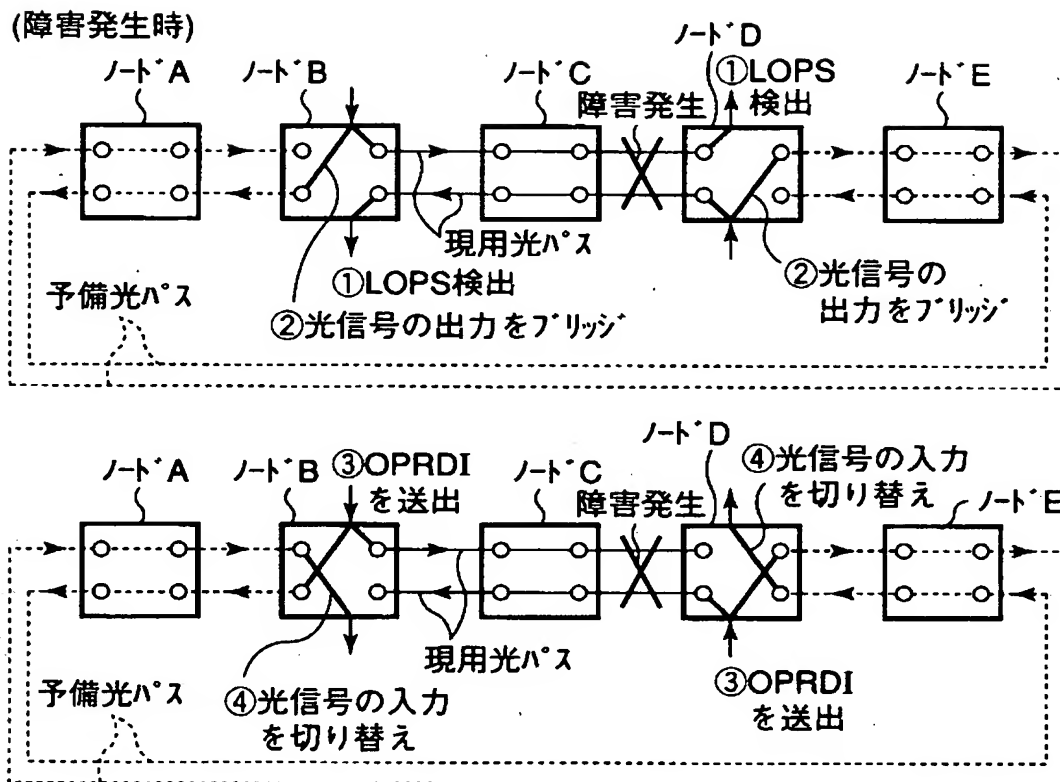
(正常時)



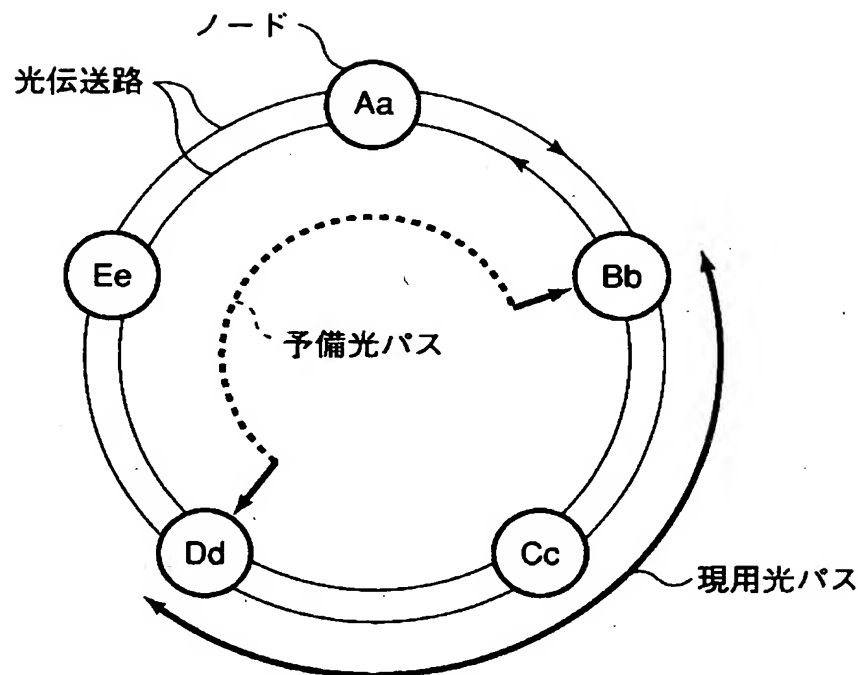
(障害発生時)



【図 30】



【図 3 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は波長変換機能を伴う光波長多重リング網システムにおいて光パスの収容効率を高めるとともに、障害発生時の回復動作を単純かつ高速にし、ノード数や波長数の増加によってシステムが大規模化した場合でも、経済的かつ高信頼な光波長多重リング網システム、その光パス設定方法、障害回復方法およびプログラムを実現すること。

【解決手段】 2 ノード間に同一経路を通る双方向の現用光パスを設定し、現用光パスと逆回りの経路に双方の予備光パスを設定する光パスの設定方法であり、予備光パスを経路が重複しない複数の現用光パスで共有させることで、光パスの収容効率を高める。さらに、障害発生時には、現用光パスから予備光パスへの切り換えをシグナリングレスで高速に実施する。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日 1990年 8月22日
[変更理由] 新規登録
住 所 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
氏 名 株式会社東芝
2. 変更年月日 2001年 7月 2日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都港区芝浦一丁目1番1号
氏 名 株式会社東芝